This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

YC110090

4424

K-QP
101
S8

Zwanglose Abhandlungen aus dem Gebiete der
Elektrotherapie und **Radiologie**
und verwandter Disziplinen der mediz. Elektrotechnik
Herausgegeben von
Dr. **Hans Kurella** und Professor Dr. **A. v. Luzenberger**

UC-NRLF
$B 118 148

Heft 7

Über den Einfluss elektrischer Ströme auf den Blutkreislauf des Menschen

Neue Untersuchungen nebst Übersicht über die bisherigen Forschungen

Von

Dr. Paul Steffens,
Freiburg i. B.

Mit 8 Tafeln.

Leipzig 1908
Verlag von Johann Ambrosius Barth
Dörrienstraße 16

F.G.KOSTER·BOEKBINDER
AMSTERDAM

THE LIBRARY
OF
THE UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

PRESENTED BY
PROF. CHARLES A. KOFOID AND
MRS. PRUDENCE W. KOFOID

Zwanglose Abhandlungen aus dem Gebiete der Elektrotherapie und Radiologie und verwandter Disziplinen der medizin. Elektrotechnik

Heft 7

Über den Einfluss elektrischer Ströme auf den Blutkreislauf des Menschen

Neue Untersuchungen nebst Übersicht über die bisherigen Forschungen

Von

Dr. Paul Steffens,
Freiburg i. B.

Mit 8 Tafeln.

Leipzig 1908
Verlag von Johann Ambrosius Barth
Dörrienstraße 16

Sonderabdruck
aus der Zeitschrift für medizinische Elektrologie und Röntgenkunde,
Band 9.

K-QP101
S8
Berl
Lib.

Inhaltsübersicht.

		Seite
I.	Heilwirkung elektrischer Ströme: nur Suggestion? (Äußerungen und Versuche von Möbius, Remak, Friedländer, Götze, Stintzing)	1
II.	Erklärung der therapeutischen Wirkung der Elektrizität	2
	1. Physikalische Theorie: Elektrodiffusion und Kataphorese	3
	2. Chemisch-elektrolytische Theorie (Schazkiy, Frankenhäuser, Leduc)	4
	Erklärung des Elektrotonus (Pawlinow, Bethe)	4
	3. Physiologische Theorie: Elektrotonus, Auslösung von Muskelkontraktionen. Beeinflussung des Zirkulationssystems (de Watteville, Mann)	7
III.	Physiologische Untersuchungen über die Blutversorgung des arbeitenden Muskels (Gaskell, Chauveau und Kaufmann, Heilmann, Tschuewsky, Burton-Opitz)	10
IV.	Beeinflussung des Blutkreislaufs durch Hydrotherapie (Untersuchungen von Otfried Müller)	13
V.	Hydroelektrische Bäder (Eulenburg, Lehr, Mann, Franze, Smith und Hornung, Büdingen und Geißler, Raab, Zimmermann, de Vries Reilingh)	14
VI.	Kritik der hydroelektrischen Vollbäder	21
VII.	Elektrisches Vierzellenbad nach Schnée (Lossen, Schnée, Zikel, Franze, Hirsch)	23
VIII.	Eigene Erfahrungen mit dem Vierzellenbad	27
IX.	Eigene plethysmographische Versuche	27
	Beschreibung der Versuchsanordnung	29
X.	Beschreibung der erhaltenen plethysmographischen Kurven	32
	1. Kurven ohne elektrischen Strom	33
	2. „ mit galvanischem Strom	33
	3. „ „ faradischem Strom	36
	4. „ bei willkürlichen Kontraktionen	38
XI.	Erklärung derselben plethysmographischen Kurven	40
	1. Kurven ohne elektrischen Strom: Erweiterung der Haut- und Muskelgefäße durch das warme Teilbad	40
	2. Kurven bei willkürlichen Kontraktionen: Wirkung der Muskelkontraktionen auf die Blutgefäße. Klarstellung der physiologischen Untersuchungen über die Blutversorgung des arbeitenden Muskels	40
	3. Kurven mit galvanischem Strom: Öffnungs- und Schließungszuckung, Pflügersches Gesetz, Einfluß auf die Vasomotoren, Widerlegung der Behauptungen von Schnée und Zikel	43
	4. Kurven mit faradischem Strom: Wirkung der Muskelzuckungen, Vergleich mit willkürlichen Kontraktionen, Erleichterung und Beschleunigung der Zirkulation, Einfluß auf Stoffwechsel, Herz und Nervensystem	44
XII.	Einfluß der elektrischen Teilbäder auf Respirations- und Pulsfrequenz, Blutdruck und faradokutane Sensibilität	46
	Tabellen: Resultate der Untersuchungen	47
XIII.	Versuch einer Erklärung dieser Einwirkungen	67
XIV.	Über den elektrischen Widerstand des menschlichen Körpers	70
XV.	Zusammenstellung der Gesamt-Resultate	72

M374326

Eine Tatsache, gegen welche heute wohl kein Zweifel mehr erhoben werden kann, ist es, daß in geeigneten Krankheitsfällen durch Anwendung elektrischer Ströme therapeutische Erfolge erzielt werden, welche nicht auf Suggestion beruhen.

So selbstverständlich eigentlich dieser Satz erscheinen sollte, so ist er doch im Wandel der Zeiten vielfach angegriffen und modifiziert worden. Nachdem in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts die vielfach beobachteten Heilerfolge zu einer kritiklosen Anwendung der Elektrizität und zu einer Anpreisung derselben gegen alle möglichen Krankheiten geführt hatten, machte sich später eine Reaktion gegen solchen übertriebenen Enthusiasmus geltend, die ihren schärfsten Ausdruck durch Möbius[1]) fand, welcher die Erfolge der Elektrotherapie zum allergrößten Teil (in $^4/_5$ der Fälle) auf den psychischen Einfluß der Behandlung (Suggestion) und nicht auf die physiologische (physische) Einwirkung der elektrotherapeutischen Applikation zurückführen wollte. Speziell auch betreffs der Behandlung von peripheren Lähmungen behauptete Möbius, daß keine beweisenden Tatsachen dafür vorlägen, daß die Elektrizität die Regeneration verletzter peripherer Nerven beschleunigen könne.

Diese letztgenannte Behauptung wurde später durch E. Remak[2])

[1]) P. J. Möbius, Über neuere elektrotherap. Arbeiten. Schmidts Jahrbuch 1887, 1889, 1891, 1892.

[2]) E. Remak, Über die antiparalytische Wirkung der Elektrotherapie bei Drucklähmungen des Nervus radialis. Deutsche Zeitschr. für Nervenheilkunde, 1893, IV, 5 und 6.

widerlegt, dem es gelang, durch eine reiche Kasuistik (64 Fälle) den günstigen Einfluß der Elektrizität bei Radialisdrucklähmungen festzustellen. (Kathode auf die Druckstelle. Stromstärke 6 M-A. Unmittelbare Besserung der Motilität und Abkürzung der Dauer der Lähmung.) Der Einwand, welcher gegen die Beweiskraft dieser Remakschen Untersuchungen erhoben wurde, daß nämlich auch hierbei die psychische Beeinflussung den Heilprozeß gefördert haben könnte, ist bei Tierversuchen, wie solche in neuerer Zeit verschiedentlich vorgenommen wurden, vollständig ausgeschlossen. Friedländer[1]) z. B. durchschnitt bei einem Hunde beide Nervi ischiadici an genau korrespondierender Stelle und behandelte dann nur eines der beiden Hinterbeine mit dem galvanischen Strom. Nach 4 Wochen war das elektrisch behandelte Bein wieder vollkommen beweglich und nicht atrophisch, während das nicht behandelte Bein länger paretisch blieb und atrophisch wurde.

In ähnlicher Weise erzeugte auf Stintzings Veranlassung O. Götze[2]) in einer Reihe von (acht) Tierversuchen Lähmung der Hinterpfoten durch abgestufte Dehnung eines oder beider Nervi ischiadici. An denjenigen Beinen, welche nachher systematisch galvanisiert wurden, kehrte sowohl die Motilität und die elektrische Erregbarkeit, wie auch die Sensibilität viel früher zurück, und auch die Atrophie entwickelte sich weniger stark, als an den nicht behandelten Beinen.

„Diese Versuche liefern also den bisher vermißten einwandsfreien Beweis, daß die elektrische (galvanische) Behandlung eine ausgesprochen heilende Wirkung auf peripherische Lähmungen ausübt“ (Stintzing[3]).

So klar nun auch damit der Beweis vorliegt, daß den elektrischen Strömen eine „physische“ (nicht nur psychische) Wirkung nicht abzusprechen ist, so verworren sind doch noch unsere Vorstellungen darüber, wie diese Einwirkung zustande kommt.

Wenn wir versuchen wollen, den therapeutischen Einfluß elektrischer Ströme zu erklären, müssen wir natürlich auf die bekannten physikalischen, chemischen und physiologischen Wirkungen der Elektrizität zurückgreifen.

---

[1]) Friedländer, Deutsche med. Wochenschr. 1896, S. 414.

[2]) O. Götze, Experimentelle Untersuchung über die Wirkung des elektr. Stromes usw. Dissertation, Jena 1900.

[3]) R. Stintzing, Allgemeine Elektrotherapie (Handbuch der Therapie innerer Krankheiten von Penzoldt und Stintzing, Bd. V, 1903).

Zu den physikalischen Momenten dürfte wohl die mechanische Fortbewegung unzerlegter Moleküle in porösen Körpern und Kapillaren von einem Pol zum andern gerechnet werden, welcher Vorgang unter dem Namen der „Elektrodiffusion" und „Kataphorese"[1]) seit langer Zeit bekannt ist. Diese Erscheinung ist zuerst unter Verwendung von Tondiaphragmen näher untersucht, später aber auch an Zylindern von geronnenem Eiweiß, ausgeschnittenen Muskeln usw. konstatiert worden. Die Fortbewegung der Flüssigkeitsmoleküle findet in der Regel von der Anode nach der Kathode hin statt. Eine Heranziehung dieser mechanischen Momente zur Erklärung der therapeutischen Wirkungen des elektrischen Stromes ist aber um so weniger angängig, als durch die überwiegenden nervösen Einwirkungen im lebenden Organismus — wie wir später noch genauer sehen werden — diese kataphoretische Wirkung im Innern des Körpers größtenteils illusorisch gemacht wird. Seit durch die „Theorie der Lösungen" von van't Hoff und die Theorie der elektrolytischen Dissoziation (die „Ionentheorie") von Arrhenius unsere Anschauungen vom Zustande der Stoffe in Lösungen in vollkommen neue Bahnen gelenkt wurden, sind wir imstande, für die Wirkungen des galvanischen Stromes im menschlichen Organismus eine viel natürlichere Erklärung anzuführen, da der menschliche Körper ja dem elektrischen Strome gegenüber ebenfalls als ein „Elektrolyt" aufzufassen ist. Daß die sog. „kataphoretische" Wirkung des galvanischen Stromes im engeren Sinne des Wortes (d. h. die nachweisbar mögliche Einführung von Medikamenten in das Innere des Körpers durch die unverletzte Haut hindurch vermittelst des galvanischen Stromes) nicht durch die vorhin erwähnte mechanische Fortbewegung unzerlegter Moleküle zu erklären ist, sondern daß dabei die Arzneimittel im Zustande der elektrolytischen Dissoziation dem Körper einverleibt werden, ist — wie wir später sehen werden — durch die Untersuchungen von Leduc experimentell nachgewiesen. Bei den genannten elektrolytischen Wirkungen müssen wir nun die Wirkungen an den Polen von den interpolaren Wirkungen unterscheiden. Während die ersteren seit langer Zeit bekannt und allgemein anerkannt sind, gelang es erst viel später, die interpolaren elektrolytischen Wirkungen

[1]) Vergl. Boruttau, Die Elektrizität in der Medizin und Biologie, 1906, S. 61, und Frankenhäuser, Die physiologischen Grundlagen und die Technik der Elektrotherapie, S. 35 (Physikalische Therapie in Einzeldarstellungen, Heft VII, 1906).

des galvanischen Stromes genauer zu erforschen. Von den diesbezüglichen Arbeiten möchte ich hier die Experimentaluntersuchungen von Schazkiy[1]) erwähnen, durch welche die schon vorher aufgestellte Annahme als zutreffend erwiesen wurde, „daß der Strom elektrolytische Wirkungen nicht nur an den Polen, sondern auch in dem interpolaren Raum hervorruft; daß in der ganzen vom Strom durchflossenen Strecke die Moleküle in Ionen zerfallen und die Wanderung und der Transport dieser Ionen nach den Polen zu stattfindet."

In der richtigen Erkenntnis, daß jeder physiologischen Wirkung der elektrischen Energie entweder eine ihrer physikalischen oder chemischen Eigenschaften, oder eine Vereinigung mehrerer derselben, zugrunde liegt, versucht Schazkiy die empirisch nachgewiesenen Heilerfolge des konstanten Stromes auf dessen elektrolytisch-chemische Wirkungen zurückzuführen. Bei lokalen pathologischen Veränderungen auf entzündlicher, gichtischer, rheumatischer oder neuropathischer Basis z. B. bewirkt der elektrische Strom sowohl das Verschwinden von Ödemen, Infiltrationen und Salzablagerungen, wie auch die Beseitigung von Schmerzen in dem erkrankten Körperteile. Für beide Arten der Wirkung läßt sich aus der elektrolytischen Theorie eine Erklärung ableiten. Krankhafte Absonderungen (Ödeme usw.), sowie schwer lösliche und schwer resorbierbare Stoffwechselprodukte (harnsaure Salze usw.) werden durch Elektrolyse allmählich zerlegt; die frei gewordenen Ionen beginnen ihre Wanderung nach den entsprechenden Polen, ein Teil derselben wird an der Oberfläche abgeschieden und häuft sich an den Elektroden an, ein anderer Teil gelangt in den Blut- und Lymphstrom und wird vom Körper auf natürlichem Wege ausgeschieden.

Um die Beeinflussung des Schmerzes durch den elektrischen Strom zu erklären, greift Schazkiy auf die von Pawlinow gegebene Theorie der Zellfunktion zurück. Nach dieser verbraucht einerseits die Zelle bei ihrer normalen Funktion Sauerstoff; andererseits wirkt der entstehende Sauerstoffhunger als neuer Reiz für die Funktion der Zelle. Schmerz tritt auf, wenn bei gesteigerter Funktion der Zelle der Verbrauch an Sauerstoff größer ist, als durch neue Zufuhr von seiten des Organismus ersetzt werden kann. In diesem Falle wirkt der, durch den gesteigerten Sauerstoffverbrauch ein-

[1]) Schazkiy, Die Grundlagen der therapeutischen Wirkung des konstanten Stromes. Zeitschrift für Elektrotherapie, 1900.

tretende Sauerstoffmangel derartig erhöhend auf die Erregbarkeit der Zelle, daß dann auch einfache sensible Reizungen als Schmerz empfunden werden.

Wenn nun der Organismus das aus der gesteigerten Zellfunktion entspringende Bedürfnis nach Sauerstoff nicht genügend aus sich selbst befriedigen kann, muß eine künstliche Sauerstoffzuführung die gesteigerte Erregbarkeit herabsetzen und damit zugleich den Schmerz lindern. Andererseits muß aber auch eine künstliche Sauerstoffentziehung die Erregbarkeit der Zelle vermehren.

Beide Wirkungen können nun offenbar durch den konstanten Strom erzielt werden, da infolge der elektrolytischen Wirkungen desselben der Sauerstoff in der Nähe der Anode in verstärktem Maße auftritt, dagegen in der Gegend der Kathode abnimmt. Gleichzeitig wirkt der konstante Strom noch schmerzlindernd, indem er durch die erwähnte Auflösung und Beseitigung von Infiltrationen, Salzablagerungen usw. zugleich auch die Ursache des Schmerzes beseitigt; denn derartige pathologische Elemente führen einerseits durch mechanischen Reiz eine gesteigerte Funktion und damit ein vermehrtes Sauerstoffbedürfnis der Nervenelemente herbei, andererseits können sie auch durch Einfluß auf die Kapillaren eine Hinderung des Blutzuflusses und dadurch Sauerstoffmangel hervorrufen.

Bezüglich der Einwirkung des galvanischen Stromes auf die Schmerzempfindung kommt Schazkiy also zu folgendem Schluß:

„Die Beseitigung der Schmerzempfindung vollzieht sich kraft einer durch den Strom herbeigeführten Sauerstoffzufuhr zu den sensiblen Nervenelementen und der Beseitigung mechanisch reizender Substanzen durch die Phorese." — „Der aktive Pol für die schmerzstillende Wirkung ist die Anode, für die erregende Wirkung die Kathode."

In neuerer Zeit ist die Theorie der elektrolytischen Dissoziation in ihrer Anwendung auf die Wirkungen des galvanischen Stromes beim Menschen noch weiter ausgebaut und experimentell begründet durch die Untersuchungen von Frankenhäuser[1]) und Leduc[2]).

Frankenhäuser formuliert die aus den physikalischen Untersuchungen der letzten Jahrzehnte hervorgegangene Anschauung über das Wesen des elektrischen Stromes in folgendem Satze: „Dieses Wandern der Anionen der Körpersäfte nach der Anode zu, und das Wandern der Kationen der Körpersäfte nach

[1]) Frankenhäuser, Die physiologischen Grundlagen und die Technik de Elektrotherapie (Physikalische Therapie in Einzeldarstellungen, Heft VII, 1906).

[2]) Leduc, Die Ionen- oder elektrolytische Therapie (Zeitschrift für Elektrotherapie 1904).

der Kathode zu ist der galvanische Strom im lebenden Gewebe. Es ist nicht eine Begleiterscheinung, eine Folge oder eine Wirkung des Stromes, es ist der Strom selbst.“ „Die Art der Bewegung, in welche die Ionen geraten, ist abhängig von der Stärke und Richtung der einwirkenden elektromotorischen Kraft einerseits und von dem Reibungswiderstand, welcher der Bewegung der Ionen sich entgegenstellt, andererseits. Der Reibungswiderstand, welchen die Ionen bei ihrer Wanderung durch das lebende Gewebe erfahren, ist gleichbedeutend mit dem elektrischen Widerstande des lebenden Gewebes.“

Leduc (l. c.) erklärt ebenfalls sämtliche Wirkungen des galvanischen Stromes als durch Ionenwanderung bedingt, deren Lauf man durch Vergleich mit der Untersuchung elektrolytischer Flüssigkeiten vorher bestimmen und regeln könne. Er geht dabei von dem Grundsatze aus: „Die lebenden Gewebe sind Elektrolyten und die durch die Untersuchung der Elektrolyten gewonnenen Erkenntnisse sind unmittelbar auf sie anwendbar.“ Einen Beweis für die Richtigkeit dieser Auffassung findet man in der Möglichkeit, gelöste Substanzen durch die unverletzte Haut vermittelst elektrolytischer Kataphorese in den Körper einzuführen. Daß eine solche Einverleibung nicht auf einer Absorption durch die Haut — ohne Mitwirkung des elektrischen Stromes — beruht, sondern tatsächlich durch Elektrolyse vermittelt wird, ergibt das Tierexperiment: „Bei diesem wird ein Kaninchen mit einer Anode von Strychninsulfat oder einer Cyankalikathode schnell getötet, während die übrigen, denselben Strömen und Kontakten ausgesetzten Tiere, wenn sie nur das Strychnin an der Kathode, das Cyankali an der Anode haben, Widerstand leisten und am Leben bleiben.“

Bezüglich der Anwendung dieser Erfahrungen auf die therapeutische Einverleibung von Medikamenten schreibt Leduc: „Mit Hilfe der Elektrizitätsquellen und der großen mit 8—12 dicken Lagen hydrophiler Gaze armierten und mit der elektrolytischen Lösung getränkten Elektroden, die ein ganzes Glied oder den Rumpf bedecken, ist es leicht, hohe Stromstärken von 100 bis 200 M-A. (!!) anzuwenden, welche mit Geschwindigkeit wirksame Mengen des Medikamentes eindringen lassen.“

Ebenso wie die Einführung medikamentöser Substanzen in den Körper ist nach Leduc auch die Fortschaffung pathologischer Stoffwechselprodukte durch die elektrolytische Therapie nachgewiesen. So berichtet er, daß Dr. Bordier „die bemerkenswerte Auswanderung des Harnsäure-Ions durch den elektrischen Strom im Anodenbade“ konstatiert habe.

Nach den Untersuchungen von Leduc ist der elektrische Widerstand der Haut nicht, wie bisher angenommen wurde, von dem Grade ihrer Durchtränkung und Durchblutung abhängig, son-

dern er richtet sich im wesentlichen nach der Zahl und Beschaffenheit der Ionen, welche die Haut beherbergt, d. h. nach ihrer chemischen Zusammensetzung.

Wenn nun die zuletzt genannten Autoren die Wirksamkeit der Elektrizität ausschließlich, oder wenigstens hauptsächlich in der elektrolytischen Kraft derselben suchen, so muß man dem doch entgegenhalten, daß die bisherigen therapeutischen Erfolge meist mit Stromstärken erzielt sind, die nicht annähernd die von Leduc angewandten Stärken (100—200 M-A.!) erreichen, sondern durchschnittlich nur 2—16 M-A. betragen, eine Stromstärke, die kaum hinreichend erscheint, um die nachweisbaren Erfolge auf chemische Wirkungen zurückzuführen. Andererseits wird die chemische Theorie auch dort versagen, wo — wie beim faradischen und sinusoidalen Wechselstrom — elektrolytische Wirkungen überhaupt fortfallen.

In diesen Fällen sind wir darauf angewiesen, die physiologischen Wirkungen der Elektrizität, wie sie durch Tierversuche festgestellt wurden, zur Erklärung ihrer therapeutischen Wirkung heranzuziehen. Übrigens sind beide Erklärungen nicht prinzipiell untereinander verschieden; denn jede physiologische Erscheinung ist bedingt durch eine physikalische oder chemische Modifikation der körperlichen Elemente, selbst wenn wir deren Natur noch nicht haben nachweisen können. Die bekannte Erscheinung des „Elektrotonus" ist, wie wir oben gesehen haben, schon von Pawlinow durch die Annahme elektrolytischer Veränderungen innerhalb der Nervensubstanz zu erklären versucht, indem er den Sauerstoffmangel der Zellen als Ursache von deren gesteigerter Erregbarkeit ansah. Von ähnlichen Gesichtspunkten aus, aber auf Grund mikroskopisch nachweisbarer Veränderungen im Nerven hat neuerdings Bethe[1]) eine Theorie über das Wesen der Nervenleitung und Nervenerregbarkeit aufgestellt. Nach Bethe ist die von ihm entdeckte „Fibrillensäure", deren veränderlicher Gehalt in den Neurofibrillen durch die Veränderungen der primären Färbbarkeit der letzteren nachgewiesen werden kann, die Trägerin der Erregbarkeit des Nerven. Die Fibrillensäure wird durch eine gewisse Affinität von den Neurofibrillen des Achsenzylinders festgehalten.

„Im Moment des Stromschlusses wird (nach den Untersuchungen von Bethe) die Verbindung zwischen Fibrille und Fibrillensäure an der Anode gelockert und die Fibrillensäure strömt nach beiden Seiten hin von der Anode fort."

[1]) A. Bethe, Allgemeine Anatomie und Physiologie des Nervensystems 1903, S. 138 ff. und 301 ff.

„Je näher ein Punkt der Anode liegt, desto stärker wird die Aufhebung der Affinität und desto größer die Schnelligkeit sein, mit der sich die Teilchen bewegen. Damit stimmt überein, daß die Erregbarkeit in der Nähe der Anode am stärksten herabgesetzt ist und von da aus in extrapolarer Richtung sich immer mehr der normalen Erregbarkeit nähert. An der Kathode tritt im Moment des Stromschlusses eine Verstärkung der Affinität zwischen Fibrille und Fibrillensäure und ein Strömen der Fibrillensäure zur Kathode hin ein. Das zuströmende Material stammt offenbar nicht nur aus der interpolaren, sondern auch aus der extrapolaren Strecke.“ Die Strömung der Fibrillensäure ist sofort nach der Schließung des Stromes am stärksten, sie wird dann mit der Dauer der Durchströmung schwächer und schwächer, weil eine Sättigung der Fibrillen mit Fibrillensäure an der Kathode eintritt und weil es schließlich extrapolar an neuem Material fehlt. Nach Unterbrechung des Stromes tritt zuerst eine entgegengesetzte Strömung der Fibrillensäure auf, wodurch an der Kathode nach Stromöffnung ein Umschlagen des Elektrotonus und damit eine Herabsetzung der Erregbarkeit eintritt. Da aber gleichzeitig die erhöhte Affinität der Fibrillen und damit eine Disposition zu gesteigerter Erregbarkeit an der Kathode noch weiter bestehen bleibt, so „zeigt die Kathodengegend einige Zeit nach Öffnung des polarisierenden Stromes wieder erhöhte Erregbarkeit. Der Gegenstrom der Fibrillensäure fließt jetzt so schwach, daß die noch bestehende stärkere Beladung mit Fibrillensäure das Übergewicht erlangt“. An der Anode findet bei Öffnung des Stromes ein Zurückströmen der Fibrillensäure zur Anode hin statt. Das Strömen zur Anode hin dauert noch längere Zeit nach Öffnung des Stromes an; man wird also in ihm den Grund für die gesteigerte Erregbarkeit im Gebiete der Anode nach der Öffnung sehen dürfen. Da sich beim Zurückströmen kein neues Minimum bilden kann, so versteht es sich leicht, weshalb die umgekehrte Öffnungserregbarkeit der Anode langsam in die normale Erregbarkeit übergeht, ohne wie es an der Kathode der Fall ist, noch einmal in das Gegenteil umzuschlagen.

Daß diese (zuerst am Nerv-Muskelpräparat beobachteten) elektrotonischen Veränderungen auch bei der Behandlung des lebenden Menschen ihre Gültigkeit behalten, wurde schon durch de Watteville[1]) vermittelst besonderer Versuchsanordnung exakt nachgewiesen.

Beachtenswert auch für die therapeutische Anwendung des galvanischen Stromes beim Menschen ist die vorhin erwähnte Tatsache, daß der während der Dauer des Stromes bestehende Zustand herabgesetzter Erregbarkeit an der Anode (Anelektrotonus) und gesteigerter Erregbarkeit an der Kathode (Katelektrotonus) nach plötzlicher Unterbrechung des Stromes in das Gegenteil umschlägt. „Man kann die Erregbarkeitsveränderung jedoch für einige Zeit erhalten, wenn man das Aufhören des Stromes ganz langsam durch all-

[1]) de Watteville, Grundriß der Elektrotherapie. Übersetzt von Weiß. 1886. (Siehe auch: Landois, Physiologie des Menschen, IX. Aufl., 1896, S. 716.)

mähliche Abminderung der Stromstärke (Ausschleichen) bewirkt" (Mann[1]). Aber nicht allein dem galvanischen, sondern auch dem faradischen Strom sind erregbarkeits-modifizierende Eigenschaften zuzuschreiben. Mann[2]) hat diesbezüglich folgende Tatsachen nachgewiesen: Schwaches Faradisieren, wodurch keine Muskelkontraktionen hervorgerufen werden, hinterläßt nach Einwirkung von mehreren Minuten unmittelbar keine Veränderung der Erregbarkeit. Starke, langdauernde Induktionsströme setzen die Erregbarkeit des Muskels herab (durch Ermüdung desselben), und zwar in um so höherem Grade, je größer die Schwingungszahl des Induktionsstromes und je länger die Dauer der Einwirkung ist. Durch mäßig starke faradische Reize wird, wie durch andere Untersucher festgestellt wurde, eine Steigerung der Erregbarkeit hervorgerufen.

Bezüglich einer — therapeutisch bedeutsamen — Dauerwirkung hat Mann (l. c.) nachgewiesen, daß durch eine regelmäßig wiederholte, mäßig starke Faradisation nicht nur eine vorübergehende, sondern eine dauernde Erregbarkeitssteigerung der behandelten Muskeln hervorgerufen werden kann. Da diese dauernde Steigerung der Erregbarkeit sich nicht nur auf elektrische Reize, sondern auf alle adäquaten Reize (also besonders auch auf Willensreize) erstreckt, bedeutet sie gleichzeitig eine dauernde Besserung der willkürlichen Beweglichkeit.

In gleicher Weise, wie bei der Erregbarkeitssteigerung, werden wir annehmen können, „daß die wiederholte Applikation eines hemmenden elektrischen Reizes (Anode) allmählich zu einer dauernden Erregbarkeitsherabsetzung führen kann, wie wir sie bei verschiedenen pathologischen Reizzuständen (Neuralgien usw.) therapeutisch anstreben."

Eine der augenfälligsten Wirkungen der elektrischen Ströme ist die Hervorrufung von Muskelkontraktionen, welche auch therapeutisch von hervorragender Bedeutung sind. Wenn wir schon oben gesehen haben, daß die Erregbarkeit von Nerv und Muskel durch Übung gesteigert werden kann, so daß dieselben danach auch auf geringere adäquate Reize reagieren, so haben wir noch viel mehr in der wiederholten Erregung der Muskulatur, wodurch dieselbe

[1]) Mann, Elektrotherapie (Handbuch der physikalischen Therapie von Goldscheider und Jacob, 1901, Teil I, Band II, S. 349).

[2]) Mann, Deutsches Archiv für klinische Medizin, Bd. 51, 1893.

passiv in Tätigkeit versetzt wird, ein ausgezeichnetes Mittel, um bei vorübergehenden Lähmungen oder längerer Ruhigstellung der Extremitäten (durch Gipsverbände usw.) einer Inaktivitätsatrophie der Muskulatur vorzubeugen und eine ausgiebigere Übung derselben ohne Überanstrengung des gesamten Körpers zu ermöglichen.

In engem Zusammenhang mit der Erregung von Muskelkontraktionen steht der Einfluß elektrischer Ströme auf das Zirkulationssystem, da der Blutkreislauf in erster Linie durch die Funktion des Herzmuskels, unter Mitwirkung der Gefäßmuskulatur selbst und der die Gefäße umgebenden Muskeln geregelt wird. Trotzdem nun die Untersuchungen über den Einfluß elektrischer Ströme auf den Blutkreislauf zahlreich angestellt und — unter Zuhilfenahme des Tierexperimentes — auf den verschiedensten Methoden aufgebaut wurden, ist es doch bisher so wenig gelungen, zu einem sichern Resultat zu kommen, daß Toby Cohn[1]) in seiner zusammenfassenden Übersicht auf der Naturforscherversammlung 1906 noch sagen konnte, daß „bisher nicht einmal die Tatsächlichkeit dieser physiologischen Wirkungen außer Zweifel gestellt ist".

Die Untersuchungen über die Beeinflussung des Zirkulationssystems durch elektrotherapeutische Maßnahmen stehen in Verbindung mit den Arbeiten der Physiologen über die Blutversorgung des Muskels während elektrischer Reizung und bei willkürlichen Kontraktionen. Da diese letzteren Arbeiten gewissermaßen die Grundlage zu allen weiteren Forschungen in dieser Richtung bilden, möchte ich hier etwas näher auf dieselben eingehen.

Gaskell[2]) fand bei seinen mikroskopischen Untersuchungen an den Blutgefäßen des Musc. mylohyoideus beim Frosch, daß bei Reizung der Muskelnerven stets eine Erweiterung der Gefäße ohne vorhergehende Verengerung eintrat. Dieser anfänglichen Erweiterung folgte dann oft eine Verengerung des Lumens. Die Arterien der Schwimmhaut desselben Tieres wurden jedoch durch die gleichen Reize stets zu einer Kontraktion veranlaßt. Reizung der Zentren der Vasomotoren, sowie direkte Reizung der Arterie (im Muskel) rief nur Erweiterung der Gefäße ohne vorhergehende Verengerung hervor.

---

[1]) Toby Cohn, Was wissen wir von spezifischen Heilwirkungen der Elektrotherapie bei inneren und Nervenkrankheiten? („Therapie der Gegenwart", Nov.-Dez. 1906.)

[2]) Gaskell, Über die Änderung des Blutstromes in den Muskeln durch Reizung ihrer Nerven (Arbeiten der Physiolog. Anstalt zu Leipzig, XI, 1877).

M. Kaufmann[1]) hat seine Untersuchungen über die Zirkulationsverhältnisse des arbeitenden Muskels an der Arterie und Vene des Musc. masseter und levator labii super. des willkürlich kauenden Pferdes vorgenommen. Er findet, daß unmittelbar nach Beginn des Kauens der Druck in der Muskelarterie fällt, der in der Muskelvene steigt, worin er einen Beweis sehen will für das Vorhandensein einer Dilatation der intramuskulären Gefäße. In einer früheren Arbeit von Chauveau und Kaufmann[2]) haben diese nachgewiesen, daß der Blutstrom des tätigen Muskels den des ruhenden um das Vier- bis Fünffache übertrifft.

H. Heilemann[3]) beobachtete unter dem Mikroskop die Blutgefäße des Musc. submaxillaris (mylohyoideus) des Frosches, indem er den Muskel durch den Induktionsstrom direkt reizte. Er kam zu folgenden Ergebnissen: 1. Die Kontraktion des Muskels ruft eine Zunahme der Stromgeschwindigkeit in den Muskelgefäßen hervor. 2. Die Geschwindigkeit des Blutstroms in den Kapillaren ist im tätigen Muskel etwa dreimal so groß wie im ruhenden. 3. Die Zunahme der Stromgeschwindigkeit ist bedingt durch eine Erweiterung der größeren Muskelgefäße. 4. An den Kapillaren ist während der Kontraktion keine Erweiterung zu bemerken.

Tschuewsky[4]) beobachtete vermittelst Hürthles registrierender Stromuhr den Blutstrom in der Arteria cruralis von Hunden vor, während und nach der Reizung des Nervus ischiadicus durch den Induktionsstrom. Je nachdem schwache, mittelstarke oder maximale Muskelkontraktionen durch den faradischen Strom erzeugt wurden, zeigten sich wesentliche Unterschiede: bei andauernd tetanisierender Reizung mit starken Strömen findet während der Reizung eine Abnahme des mittleren Stromvolumens, Abnahme der mittleren Blutgeschwindigkeit, dagegen Zunahme des mittleren Blutdruckes in der Arteria cruralis statt. — Während der Nachwirkung steigt das Stromvolumen, sowie die Blutgeschwindigkeit auf einen höheren Wert wie vor der Reizung, während der Blutdruck dem vor der Reizung annähernd gleich wird.

[1]) Kaufmann, Recherches expérimentales sur la circulation dans les muscles en activité physiologique (Arch. de physiologie, 5 sér., T. IV, 1892).

[2]) Chauveau und Kaufmann, Comptes rendus de l'Acad. des sciences, T. 104, 1884.

[3]) Heilemann, Das Verhalten der Muskelgefäße während der Kontraktion (Archiv f. Anat. [und Physiol.], 1902, S. 45).

[4]) Tschuewsky, Über die Änderung des Blutstromes im Muskel bei tetanischer Reizung seines Nerven (Archiv f. d. ges. Physiologie, Bd. 97, 1903).

Bei rhythmisch-tetanischer Reizung der Nerven nimmt das Stromvolumen und die Blutgeschwindigkeit während der Reizung zu, und diese Zunahme steigert sich noch während der Nachwirkung. Der arterielle Blutdruck zeigte keine regelmäßige und wesentliche Änderung.

Eine Erklärung dieser Differenz in der Wirkung rhythmischer Reizung ergibt sich aus einer Analyse der Stromuhrkurve, welche zeigt, daß „mit jeder Reizung des Ischiadikus ein Stillstand der Strombewegung eintritt, welcher bisweilen durch einen kurzdauernden Rückstrom des Blutes in der Arterie eingeleitet wird. Unmittelbar nach Aufhören des Tetanus strömt aber das Blut mit vergrößerter Geschwindigkeit durch die Arterie."

Die Abschwächung des Blutstromes während der Reizung wird bei schwächeren Induktionsströmen geringer, und kann bei ganz schwachen Strömen, welche aber noch eine deutliche Muskelkontraktion bewirken, unmerklich werden.

Burton-Opitz[1]) stellte, ebenfalls mit der Hürthleschen registrierenden Stromuhr, Versuche an der Femoralvene von Hunden an. Bezüglich der Einwirkung elektrischer Ströme fand er: Tetanisieren der Muskeln vom Ischiadikus aus macht während des Verkürzungsaktes starke Vermehrung, während des Verkürztbleibens Verminderung, nach der Erschlaffung wieder Vermehrung des Stromes — ähnlich verhält sich der Venendruck —. Auch einzelne Zuckungen durch Induktionsströme ergeben starke Stromzunahme im Verkürzungsstadium.

Auf die Würdigung vorstehender Untersuchungen werden wir später noch zurückkommen bei Betrachtung unserer plethysmographischen Versuche, durch welche es gelungen ist, den scheinbaren Widerspruch in den Befunden der beiden letztgenannten Forscher zu lösen und in der Frage der Blutversorgung der Muskulatur während willkürlicher und elektrischer Reize volle Klarheit zu schaffen.

Die willkürliche Beeinflussung des Blutdruckes und der Blutverteilung ist eines der Hauptziele sämtlicher Arten der physikalischen Therapie überhaupt, da wir dadurch einen Einfluß

---

[1]) Burton-Opitz, R., Muscular contraction and the venous blood-blow (Americ. journ. of physiol., IX, 1903).

gewinnen auf die Ernährung und den Stoffwechsel der einzelnen Organe, auf Sekretion und Exkretion, sowie auf die Wärmeregulierung im menschlichen Körper.

Seit den ältesten Zeiten bekannt und schon seit langem (besonders durch Winternitz, Mathes, O. Müller usw.) mit präzisen wissenschaftlichen Methoden untersucht ist der Einfluß hydrotherapeutischer Prozeduren auf Zirkulation und Wärmehaushalt des Körpers. — Da wir nun bei unseren hydroelektrischen Applikationen, die uns im vorliegenden beschäftigen, regelmäßig einen mehr oder weniger großen Teil der Körperoberfläche gleichzeitig der Wirkung eines Wasserbades aussetzen, so wollen wir uns kurz vergegenwärtigen, welchen Einfluß das letztere durch sich, resp. durch seine Temperatur auf Blutdruck und Blutverteilung ausübt.

Die neuesten und sehr exakten Forschungen über den Einfluß von Bädern usw. auf den Blutkreislauf verdanken wir Otfried Müller[1]), der bei seinen Untersuchungen zu folgenden Resultaten kam:

1. Wasserbäder unterhalb der Indifferenzzone (also unter 33—35° C.) bewirken eine während des ganzen Bades andauernde Steigerung des Blutdruckes bei Herabsetzung der Pulsfrequenz.

2. Wasserbäder von der Indifferenzzone (33° C.) bis zu etwa 40° C. bewirken nach einer einleitenden kurzen Steigerung ein Sinken des Blutdruckes auf, resp. unter den Normalwert, dem dann wieder ein erneuter Anstieg folgt. Unterhalb von 37° C. sinkt bei dieser Gruppe von Bädern die Pulsfrequenz, oberhalb steigt sie.

3. Wasserbäder über 40° C. bewirken eine während des ganzen Bades andauernde Steigerung des Blutdruckes und Vermehrung der Pulsfrequenz.

Bezüglich der Blutverteilung im menschlichen Körper unter dem Einfluß thermischer Reize ist derselbe Autor[2]) zu folgenden Untersuchungsergebnissen gekommen:

„Bei der Kaltreizung einer beliebigen Stelle der Körperoberfläche tritt — genügende Stärke des Reizes vorausgesetzt — eine Kontraktion sämtlicher Hautgefäße und — an den Extremitäten nachweisbar, an der übrigen Peripherie höchst wahrscheinlich — auch der Muskelgefäße ein. Bei Warmreizung ist das Umgekehrte der Fall. Die Stärke der Reaktion steht, bei sorgfältiger Ausschaltung aller anderen Reize, in direktem Verhältnis zur Temperatur der angewandten Wasserapplikation."

---

[1]) Otfried Müller, Über den Einfluß von Bädern und Duschen auf den Blutdruck (Deutsches Arch. f. klin. Med., Bd. 74, 1902).

[2]) Otfried Müller, Über die Blutverteilung im menschlichen Körper unter dem Einfluß thermischer Reize (Deutsches Arch. f. klin. Med., Bd. 82, 1905).

Da bei der Verengerung eines größeren Gefäßgebietes ein anderes vikariierend mit Erweiterung eintreten muß, so hat O. Müller (l. c.) den Ort dieses Ausgleichs durch „Partialwägungen" festzustellen gesucht. Er schreibt darüber:

„Die Partialwägung bestätigt zunächst das, was nach dem Resultat der plethysmographischen Untersuchungen zu erwarten war: Kaltreize, welche die Haut an einem beliebigen Punkte treffen, haben bei einer Verminderung des Blutgehaltes in der Peripherie einen vermehrten Blutzufluß zum Splanchnikusgebiet zur Folge. Warmreize bewirken das Umgekehrte. — Weiter zeigten die Wägungsversuche, daß am Kopf ein Gefäßgebiet bestehen muß (dasselbe kann nur im Schädelinnern zu suchen sein), das im gleichen Sinne wie der Splanchnikus, also umgekehrt wie die Peripherie reagiert. Bei innerer Applikation thermischer Reize treten die umgekehrten Gefäßveränderungen auf, wie bei äußerer Anwendung derselben."

Bei der Anwendung hydroelektrischer Bäder werden wir also immer auf die Wirkung des Wasserbades Rücksicht nehmen müssen, welches durch seine Temperatur die Wirkung des elektrischen Stromes auf den Blutkreislauf steigernd oder herabsetzend beeinflussen kann.

Die ersten Autoren, denen wir genaue Untersuchungen über die Wirkung elektrischer Vollbäder verdanken, sind Eulenburg[1]) und Lehr[2]). Bezüglich der Beeinflussung der Pulsfrequenz fanden beide Autoren übereinstimmend, daß dieselbe sowohl im faradischen wie im galvanischen Vollbad bei Anwendung mäßig starker elektrischer Ströme und mittlerer Zeitdauer während des Bades herabgesetzt wird und nach demselben wieder auf die frühere Höhe ansteigt. Einen Unterschied zwischen den monopolaren Bädern[3]) Eulenburgs und den gewöhnlichen dipolaren Vollbädern fand Lehr nur darin, daß im dipolaren Bade nach stärkeren und lang dauernden faradischen wie galvanischen Strömen die ursprüngliche Pulsfrequenz zwar auch anfangs herab-

[1]) Eulenburg, Die hydroelektrischen Bäder, 1883.

[2]) Lehr, Die hydroelektrischen Bäder, 1885.

[3]) Bei den monopolaren Bädern wird der eine Pol mit dem Wasser der Wanne verbunden, welches somit eine große Elektrode darstellt; der andere Pol wird außerhalb des Wassers in Form einer Plattenelektrode an den Körper angelegt, oder (gewöhnlich) in Form der Monopolarstange mit den Händen umfaßt. Je nachdem die Anode oder Kathode mit dem Wasser des Bades verbunden ist, wird dasselbe als „Anodenbad" bzw. „Kathodenbad" bezeichnet.

Bei den dipolaren Bädern werden beide Pole in Form von Plattenelektroden am Kopf- bzw. Fußende in die Wanne eingefügt.

gesetzt wird, daß dann aber bei der nachfolgenden Steigerung die Anfangszahl um 10—15 Schläge in der Minute übertroffen werden kann, und daß diese Steigerung schon während des Bades beginnt, wenn die Stärke des Stromes und die Dauer der Applikation über eine gewisse Höhe hinausgeht. Im monopolaren (faradischen und galvanischen) Bade findet dagegen bei längerer Dauer des Bades sowie nach Einwirkung stärkerer Ströme noch ein weiteres Sinken der Pulszahl statt, während eine sekundäre Vermehrung über die Norm hinaus hierbei nicht eintritt.

Die Respirationsfrequenz zeigt nach Eulenburg sowohl im faradischen wie im galvanischen Bade gar keine oder nur unwesentliche Veränderung (Abnahme um 1—2 Atemzüge in der Minute). Dasselbe beobachtete auch Lehr im monopolaren elektrischen Bade, während nach diesem Autor das dipolare faradische und galvanische Bad die Zahl der Atemzüge um 3—6 in der Minute verringert, wobei die einzelnen Respirationen an Tiefe und Ausgiebigkeit gewinnen. Nach dem Bade nimmt die Frequenz wieder zu, bis sie die normale Zahl wieder erreicht hat. Nach sehr kräftigen Strömen und nach in rascher Folge wiederholten Bädern bleibt die Atmung mehrere Stunden verlangsamt und vertieft.

Während nach Eulenburg „dem indifferent-warmen einfachen Vollbade von 35—37° C. (also der bei seinen Versuchen ausnahmslos benutzten Badetemperatur) analoge Wirkungen betreffs Veränderung von Puls und Respiration in solcher Regelmäßigkeit und Intensität nicht zukommen", können wir doch nach den oben angeführten Untersuchungen von O. Müller die Möglichkeit einer mehr oder weniger starken Beeinflussung der Pulsfrequenz durch die Badetemperatur durchaus nicht von der Hand weisen. Eulenburg führt die beobachtete Verlangsamung der Pulsfrequenz auf die hautreizende Wirkung der faradischen und galvanischen Bäder zurück, durch welche, reflektorisch von den sensibeln Hautnerven aus, eine Erregung des regulatorischen Herznervensystems, der Nervi vagi, hervorgerufen werde.

Beobachtungen des Blutdruckes und der Beeinflussung desselben durch die elektrischen Bäder, wie sie von den späteren Untersuchern mit geeigneten Apparaten vorgenommen wurden, sind damals von Eulenburg und Lehr noch nicht ausgeführt worden. Die von den letzteren beschriebenen Veränderungen der Pulskurve sind für die Beurteilung des Blutdruckes nicht ohne weiteres zu verwerten.

Genauere Untersuchungen dieser Autoren (allerdings mit einander widersprechenden Resultaten) liegen dagegen vor über die faradokutane Sensibilität, welche vermittelst der von Erb dafür speziell angegebenen Elektrode geprüft wurde. Eulenburg fand die faradokutane Sensibilität im faradischen Bade mehr oder weniger beträchtlich herabgesetzt, und ebenso im galvanischen Kathodenbade. Dagegen war die faradokutane Sensibilität im galvanischen Anodenbade gesteigert.

Nach Lehr wird die faradokutane Sensibilität in dipolaren faradischen Bädern (34° C.) von kürzerer Dauer (10—15 Minuten) gesteigert, bei längerer Dauer (20—40 Minuten) dagegen herabgesetzt. Das galvanische Bad setzte die faradokutane Sensibilität meist einfach herab, ohne vorhergehende Steigerung. Nur in einzelnen Fällen fand Lehr eine Steigerung der faradokutanen Sensibilität an der Kathode und eine Herabsetzung derselben an der Anode.

Die motorische Erregbarkeit wird nach Lehr durch die elektrischen Bäder ungefähr in derselben Weise beeinflußt, wie die faradokutane Sensibilität.

Die Untersuchungen über den Einfluß elektrischer Ströme auf Blutdruck und Blutverteilung blieben lange Zeit auf einem toten Punkte, und noch 1901 glaubte Mann[1]) solchen Einfluß überhaupt bezweifeln zu müssen, indem er schreibt: „Das Verhalten der Blutzirkulation und besonders des Blutdruckes ist ein durchaus schwankendes und durch die verschiedensten Momente beeinflußbares. Es scheint nicht, als ob den elektrotherapeutischen Einwirkungen dabei eine hervorragende Rolle zukäme. Ich habe wiederholt nach lange dauernden erregenden elektrischen Prozeduren (allgemeine Faradisation) den Blutdruck vermittelst des Gärtnerschen Tonometers gemessen und keine Blutdrucksteigerung gefunden. Auch starke galvanische Reizung eines Nervenstammes ergab keine solche in dem von den betreffenden Nerven abhängigen Gefäßgebiet. Dagegen war in Kontrollversuchen durch anderweitige Einwirkungen (gymnastische Übungen, kalte Dusche) eine deutliche Blutdrucksteigerung leicht zu erzielen. Eine hervorragende Wirkung auf die allgemeinen Zirkulationsverhältnisse hat der elektrische Strom also nicht, wenn ihm auch derartige Wirkungen, besonders lokaler Art, durchaus nicht abgesprochen werden sollen."

[1]) Mann, Elektrotherapie. (Handbuch der physikalischen Therapie von Goldscheider und Jacob, 1901, I, 2, S. 348.)

Die Untersuchungsresultate von Eulenburg und Lehr wurden dagegen zum Teil bestätigt durch Franze[1]), welcher im faradischen Vollbad die Pulsfrequenz ebenfalls durchschnittlich um 8 bis 12 Schläge herabgesetzt fand. Ferner beobachtete Franze häufig Vergrößerung des Pulsvolumens und bisweilen Steigerung des Blutdruckes. Im sinusoidalen Wechselstrom-Vollbad fand er auch Herabsetzung der Pulsfrequenz um 4—12 Schläge pro Minute und Steigerung des Blutdruckes um durchschnittlich 15 mm Hg. „Nur selten sank der Blutdruck oder änderte sich nicht; auch wo er vorher schon abnorm hoch war, stieg er gewöhnlich noch etwas höher." „Die Bestimmung der Herzgröße mittels Orthodiagraphie zeigte, daß bei Herzerweiterungen bisweilen ein kleiner Rückgang durch das Bad hervorgerufen wurde; doch ist das keineswegs eine konstante Erscheinung und findet sich fast nur bei Herzerweiterungen auf nervöser Grundlage, namentlich den sekundär infolge Entspannung der Blutgefäße entstandenen."

Die vorhin erwähnte Verkleinerung des dilatierten Herzens in Wechselstrombädern ist zuerst von Smith und Hornung beobachtet und später auch von andern Autoren teilweise bestätigt worden. Mit diesen Untersuchungen gingen gleichzeitig auch genauere Blutdruckmessungen Hand in Hand.

Hornung[2]) berichtete im Jahre 1902 an der Hand von 560 Fällen über die Erfolge der Elektrotherapie bei Herzmuskelinsuffizienz, und zwar bei Anwendung von sinusoidalen Wechselströmen, faradischen Strömen und Franklinisation. Die Erfolge dieser Behandlung, bei der schon nach der ersten Anwendung sich ein ganz bedeutendes Zurückgehen der Herzerweiterung gezeigt haben soll, seien glänzend gewesen.

In einer späteren diesbezüglichen Arbeit Hornungs[3]) finden wir nähere Angaben über die Wirkung von Wechselstromvollbädern bei Kreislaufstörungen. Die Vergleichung des Blutdruckes bei Gesunden vor und nach Applikation des elektrischen Stromes ergab „meist keine oder nur ganz geringe Veränderungen

---

[1]) Franze, Technik, Wirkungen und Indikationen der Hydroelektrotherapie bei Anomalien des Kreislaufs (München 1905).

[2]) Hornung, Die Elektrotherapie der Herzmuskelinsuffizienz. II. internationaler Kongreß für med. Elektrologie. Bern 1902. (Referat: Zeitschrift für diät.-physikal. Therapie, Bd. VI, S. 472.)

[3]) Hornung, Die Elektrotherapie der Kreislaufstörungen (Münchner med. Wochenschrift 1906, Nr. 50).

des Blutdruckes im Sinne einer Steigerung, sowohl bei faradischen wie bei sinusoidalen Bädern".

Bei Kreislaufkranken findet Hornung jedoch die auffallende Erscheinung, daß in der größten Mehrzahl von Fällen mit anfänglich erniedrigtem Blutdruck (z. B. bei unkomplizierter Herzmuskelinsuffizienz usw.) nach Anwendung sowohl von faradischen wie von sinusoidalen Bädern der Blutdruck steigt, in Fällen mit ursprünglich erhöhtem Blutdruck (Mitralinsuffizienz, Arteriosklerose im präsklerotischen Stadium) dagegen fällt. Hornung hält danach eine direkte Wirkung des elektrischen Stromes auf das Herz als Ursache der beobachteten Erscheinungen für ausgeschlossen; er führt dieselben vielmehr auf eine „Umstimmung der Vasomotoren" zurück, durch welche der krankhaft veränderte Gefäßtonus in der einen Reihe der Fälle gesteigert, in der andern Reihe herabgesetzt werde. Die hierdurch bedingte Wiederherstellung des normalen Gefäßtonus bedeute eine Entlastung des Herzens.

Durch Herabsetzung des peripheren Widerstandes und Verkleinerung des intrakardialen Druckes werde der Herzmuskel in den Stand gesetzt, sich zusammenzuziehen und die Herzhöhlen zu verkleinern. Hieraus erkläre sich auch „die sehr wichtige Beobachtung, daß sich Herzen mit schlaffer Dilatation im Bade zuweilen recht beträchtlich verkleinern". Hornung spricht daher die Behandlung mit faradischem und sinusoidalem Strom als eminent herzschonende Behandlung an, im Gegensatz zu der Behandlung mit Kohlensäurebädern, welche eine Übungsbehandlung sei.

Auch Büdingen und Geißler[1]) beobachteten Zurückgehen der Herzdämpfung und Abnahme der Irregularität der Herzaktion nach Wechselstrombädern. Die Pulsfrequenz sank in vielen Fällen, in manchen stieg sie; das gleiche ließ sich vom Blutdruck konstatieren. Betreffs der Art der Wirkung der Wechselstrombäder nehmen Büdingen und Geißler an, „daß das Bad durch das Auslösen von Muskelkontraktionen mit einer erheblichen Erleichterung und Vermehrung des arteriellen Blutstroms durch die Muskeln, und mit einer Erleichterung des venösen Rückflusses verbunden ist".

---

[1]) Büdingen und Geißler, Die Einwirkung der Wechselstrombäder auf das Herz (Münchner med. Wochenschrift 1904, Nr. 18).

L. Raab[1]) beobachtete die Wirkung von faradischen, sinusoidalen und galvanischen Strömen auf den Organismus bei Kreislauferkrankungen und fand dabei, daß alle diese Stromarten im allgemeinen in gleicher Weise auf den Organismus einwirken, daß jedoch bei verschiedenen Personen infolge der verschiedenen individuellen Reaktionsfähigkeit oft eine differente Wirkung zu Tage tritt.

Die Resultate seiner Untersuchungen faßt Raab in folgendem zusammen: „Mit verschwindenden Ausnahmen beobachtet man Drucksteigerung bei Untersuchung mit dem Gärtnerschen Tonometer, also im Kapillargebiet. Anders als der Gärtner verhält sich der Aortenblutdruck, durch Riva-Rocci bestimmt. Auch hier ist Steigerung um 20 (bis 60) mm Hg im Bade sehr häufig, aber mit sehr vielen Ausnahmen, in denen trotz steigendem Gärtner der Riva-Rocci absinkt, besonders dann, wenn der Gärtner stark steigt. Namentlich dieser letztere Vorgang zeigt deutlich, wie durch das Bad die Blutmasse aus den Gefäßen des Aortagebietes in die Kapillaren der Peripherie gedrängt wurde, womit notwendigerweise auch eine Entlastung der Eingeweidegefäße und besonders der des Unterleibes stattfinden muß."

Raab folgert aus seinen Untersuchungen, daß „der elektrische Strom sowohl auf die Anregung der Herzarbeit direkt, wie auch auf die Spannung der Gefäße einzuwirken imstande ist". Raab verwendet übrigens (im dipolaren Vollbad) galvanische Ströme von 200—300, ja bis 1000 M-A. (!), wovon allerdings (wie er selbst zugibt) „nur ein kleiner Teil den Organismus passiert".

Von den vielen Autoren, die den Erfolgen von Smith und Hornung — besonders mit Rücksicht auf die von diesen angewandte Methode der Herzgrößenbestimmung mittels des Phonendoskopes — skeptisch gegenübertreten, will ich hier nur Zimmermann[2]) erwähnen, welcher über den angeführten „Rückgang der Herzvergrößerungen" sich dahin äußert, daß die betreffenden Fälle häufig nicht kritisch genug gesichtet, und die Begriffe: Hypertrophie, kompensatorische Dilatation und absolute Dilatation oftmals vermengt wurden.

Von diesen verschiedenen Zuständen sei bei der Hypertrophie des Herzmuskels der Versuch einer Rückbildung widersinnig, da dieselbe ein kompensatorischer Vorgang sei. Die Behandlung

---

[1]) L. Raab, Die Elektrotherapie der Kreislauferkrankungen. Münch. med. Wochenschrift 1906, Nr. 29 und 30.

[2]) Zimmermann, Über hydroelektrische Behandlung der Herzfunktionsstörungen. Münch. med. Wochenschrift 1905, Nr. 12.

durch Wechselstrombäder sei nur dann berechtigt, wenn die Hypertrophie nicht mehr den von ihr verlangten Leistungen entspricht, wenn sie nicht mehr ausreicht. — Auch eine Behandlung der Dilatation der Ventrikel durch Wechselstrombäder sei nur dann gerechtfertigt, wenn die kompensatorische Dilatation, welche bei Klappenfehlern vorkommt, das kompensatorische Maß überschritten habe, oder wenn, von Klappenfehlern abgesehen, eine absolute Dilatation als das Resultat einer allmählichen Dehnung der Herzwände, entweder infolge genuiner Schwäche des Herzmuskels oder infolge ungewöhnlicher Widerstände für den Blutkreislauf (durch Strapazen, Emphysem usw.) entstanden sei. Bei diesen Fällen von Herzinsuffizienz jedoch, und speziell auch bei Emphysema pulmonum, besonders wenn dasselbe in relativ frühem Lebensalter entstanden war und noch keine Arteriosklerose oder Degenerationszustände des Herzens vorlagen, hatte auch Zimmermann bei der Behandlung mit Wechselstrombädern recht günstige Resultate: „In diesen und andern Fällen gelang es, zu bewirken, daß die Dilatation des rechten Ventrikels dauernd zurückging, wie sich dies auch orthodiagraphisch nachweisen ließ."

Bei aller Anerkennung dieser günstigen Erfolge der Elektrotherapie in den geeigneten Fällen von Kreislaufstörungen warnt Zimmermann selbstverständlich vor einer „kritiklosen Anwendung der Wechselstrombäder zur Reparatur jeglicher Art von Dilatation", und stellt als Indikationsgebiet für Wechselstrombehandlung folgendes auf: „Zirkulationsstörungen mit herabgesetztem Blutdruck, die Erscheinungen beginnender mangelnder Kompensation, mäßige Fettinfiltration bei Adipositas universalis, und atonische Zustände der Herzmuskulatur und der Arterien."

Während die vorstehend genannten Untersucher teils eine regelmäßige Steigerung des Blutdruckes, teils ein wechselndes Verhalten desselben bei Anwendung hydroelektrischer Prozeduren beobachteten, fand de Vries Reilingh[1]) bei zahlreichen Untersuchungen ein regelmäßiges Sinken des Blutdruckes unmittelbar nach Einleiten des elektrischen Stromes. Dieser Autor verwendete zu seinen Versuchen das dipolare elektrische Vollbad nach Erb und Lewandowski (mit Rückenkissenelektrode) von indifferenter Temperatur (34—37° C.). Der Blutdruck wurde nach Riva-Rocci

[1]) de Vries Reilingh, Die Wirkung des hydroelektrischen Bades auf den Blutdruck. Zeitschrift für Elektrotherapie, 1905, VII, 3.

gemessen. Aus allen Versuchen ergab sich übereinstimmend, „daß das hydroelektrische Bad von indifferenter Temperatur den Blutdruck bei gesunden Menschen zum Sinken bringt, sowohl bei Einleitung des faradischen, wie des galvanischen, wie auch des kombinierten Stromes. — Diese Verminderung erfolgt fast unmittelbar nach Einleiten des Stromes; beim Abbrechen des Stromes steigt der Blutdruck gewöhnlich schnell wieder. Der Endblutdruck ist meist dem Anfangsblutdruck fast gleich. — Bei lange dauernder Stromeinwirkung erreicht der Blutdruck manchmal nur langsam einen neuen Anstieg, nicht bis zur vollen Anfangshöhe."

Bezüglich der Pulsfrequenz hat de Vries Reilingh keinen regelmäßigen Einfluß beobachten können; manchmal war die Frequenz vermehrt, manchmal vermindert; ein Gesetz schien sich nicht aufstellen zu lassen.

Bei allen bisher angeführten Untersuchungen wurde der elektrische Strom im monopolaren bzw. dipolaren elektrischen Vollbade appliziert. Diese Art der Anwendung hat, wie schon erwähnt, den Nachteil, daß infolge des Reizes, den die Temperatur des Bades auf den Körper ausübt, der Anteil, den der elektrische Strom an der Gesamtwirkung hat, nicht scharf abzusondern ist. Da z. B. nach den oben angeführten Untersuchungen von O. Müller Wasserbäder von der Temperatur von 34—37° C. „nach einer einleitenden kurzen Steigerung ein Sinken des Blutdruckes auf resp. unter den Normalwert hervorrufen, dem dann wieder ein erneuter Anstieg folgt", so ist ohne weiteres ersichtlich, daß bei einem elektrischen Vollbad von dieser Temperatur je nach dem Zeitpunkt, in welchem die Blutdruckbestimmung erfolgt, der Einfluß des Bades an sich den eventuell blutdrucksteigernden Einfluß des elektrischen Stromes entweder unterstützen oder aber ihm entgegentreten kann, so daß schon durch diesen Umstand ein Teil der Differenzen in den Untersuchungsresultaten zu erklären ist.

Ein weiterer Nachteil der elektrischen Vollbäder ist der, daß wir beim dipolaren elektrischen Vollbad mit frei eingefügten Elektroden nie wissen können, welcher Anteil des Gesamtstromes eigentlich den Körper passiert. Es stehen ja bei dieser Art der Bäder dem elektrischen Strom zwei Wege zum Ausgleich zur Verfügung: der Weg durch den menschlichen Körper und der Weg durch die Badeflüssigkeit. Der Anteil des elektrischen Stromes, der jeden dieser Wege passiert, steht im umgekehrten Verhältnis

zu den Widerständen. Nun hat Eulenburg[1]) früher nachgewiesen, daß zwar der Leitungswiderstand des menschlichen Körpers im Bade von indifferent warmer Temperatur (35—37° C.) bedeutend herabgesetzt wird, daß aber immerhin „der gesamte Leitungswiderstand des Körpers erheblich (um das Drei- bis Vierfache) größer bleibt, als der des Wassers, selbst wenn die spezifische Leitungsfähigkeit des letzteren nicht noch durch besondere Zusätze (Salze, Säuren) erhöht ist". — Später hat Rosenbaum[2]) auf Veranlassung von Eulenburg die Untersuchungen über die verschiedene Leitungsfähigkeit wiederholt, und kam dabei zu dem abweichenden Resultate, „daß der parallel mit dem flüssigen Leiter geschaltete feste Leiter (Körper) eine geringere Summe von Widerständen bietet, als die durch ihn verdrängte Wassersäule". Gleichzeitig konstatierte Rosenbaum aber auch, daß „selbst bei geringer Beimischung von Salzen der Leitungswiderstand des Wassers abnorm herabgesetzt wird".

Eine solche Differenz der Untersuchungsbefunde wird sich jedesmal leicht ergeben, wenn Wasser verschiedener Provenienz zu den Versuchen verwendet wird, da zwischen destilliertem Wasser, welches bekanntlich ein Nichtleiter für Elektrizität ist, und dem Wasser mancher Mineralquellen, welches mitunter hochprozentige Salzlösungen darstellt, ein fließender Übergang stattfindet. Sicher ist es, daß in dipolaren elektrischen Vollbädern stets nur ein größerer oder kleinerer Bruchteil der gesamten Strommenge seinen Weg durch den Körper nimmt, und es kommt dabei hinzu, daß dieser Bruchteil des Stromes absolut unkontrollierbar ist. Für die Anwendung galvanischer Ströme ist das gewöhnliche dipolare Vollbad aus diesem Grunde direkt zu verwerfen; denn von den 1000 M-A., die dieser oder jener Elektrotherapeut (?) durch ein solches Bad hindurchschickt, kann nur ein ganz unkontrollierbarer größerer oder geringerer Teil in den Körper eindringen und dort je nach Umständen Nutzen oder Schaden stiften. Für die Applikation faradischer oder sinusoidaler Wechselströme ist das dipolare Vollbad allerdings gut geeignet — für den Fall nämlich, daß man eine stark hautreizende Wirkung vermittelst des elektrischen Stromes hervorzurufen beabsichtigt. Die im dipolaren faradischen Vollbad die Haut und die oberflächlichen Muskelschichten mit

[1]) Eulenburg, Realenzyklopädie der gesamten Heilkunde, 3. Aufl., 1896, Bd. XI, S. 55 (Hydroelektrische Bäder).

[2]) Rosenbaum, zitiert bei Eulenburg (l. c.).

ihren Nerven treffenden Stromschleifen sind wohl geeignet, den beabsichtigten Effekt hervorzurufen. Allerdings gleicht in diesem Falle das elektrische Bad mehr einem medikamentösen Vollbade, welches ebenfalls nur durch Hautreize wirkt, da die in das Innere des Körpers eindringenden Ströme nur verhältnismäßig gering sind.

Um die erwähnten Nachteile der dipolaren elektrischen Vollbäder zu verringern, bzw. um den elektrischen Strom zu zwingen, seinen Weg möglichst durch den Körper zu nehmen, hat man die Breite des Wasserweges zu vermindern gesucht, indem man den Wannen eine lange schmale Form gab, die sich den Konturen des Körpers möglichst anschmiegte.

Gärtner hat durch das Diaphragma in seinem Zweizellenbad versucht, einen direkten Ausgleich der Elektrizität im Wasser zu verhindern, und die modernere „Rückenkissenelektrode" verfolgt denselben Zweck. Alle diese Maßnahmen sind aber unzureichend, da sie weder einen Ausgleich der Elektrizität auf anderem Wege als durch den Körper verhindern, noch eine Messung des den Körper passierenden Stromanteils gestatten.

Bei den monopolaren Bädern Eulenburgs, deren Anordnung wir oben geschildert haben, sind die genannten Nachteile allerdings vermieden, da bei diesen der elektrische Strom gezwungen ist, in seiner ganzen Stärke den Körper zu passieren. Dagegen hat diese Badeform die Unannehmlichkeit, daß die Dichtigkeit des Stromes auf seiten der Wasserelektrode zwar sehr gering, um so stärker aber an der Stelle der „Nebenelektrode" ist.

Eine tatsächlich sehr große Bereicherung unseres therapeutischen Instrumentariums bildet daher die Einführung des Schnéeschen Vierzellenbades, bei welchem die Elektroden bekanntlich durch die mit Wasser gefüllten vier Arm- und Beinwannen dargestellt werden. Die Möglichkeit, vermittelst dieser sehr großen Elektrodenflächen (als welche die ganze vom Wasser umspülte Hautoberfläche der Extremitäten anzusehen ist) relativ große Stromstärken ohne unangenehme Sensationen zur Einwirkung bringen zu können und diese Ströme planmäßig in verschiedenen Richtungen durch den Körper hindurchzuschicken, sowie besonders der Umstand, daß die verwendete Elektrizitätsmenge, die auf den Körper einwirkt, genau reguliert werden kann, ist geeignet, den Kreis der Indikationen für Anwendung der Elektrotherapie bedeutend zu erweitern.

Das elektrische Vierzellenbad ist daher auch von einer

größeren Anzahl von Autoren mit Vorliebe verwendet und seine Brauchbarkeit rückhaltlos anerkannt worden. Unter anderen urteilt Franze (l. c.) darüber: Um ihrer Milde und Bequemlichkeit willen verdienen die Vierzellenbäder ausgedehnte Verwendung. Die Wirkung auf die Vasomotoren ist allerdings eine schwächere; dagegen dürften die Darmtätigkeit und die inneren Organe hierbei ebenso stark beeinflußt werden, wie bei den elektrischen Vollbädern. Bezüglich der Beeinflussung des Blutkreislaufes durch das elektrische Vierzellenbad beobachtete Franze öfter eine Herabsetzung der Pulsfrequenz um 4—12 Schläge pro Minute im Laufe der ersten halben Stunde nach der Anwendung. Ein gesetzmäßiger Einfluß auf Blutdruck und Spannung ließ sich dagegen nicht nachweisen. Beim Wechselstrom war allerdings eine Steigerung des Blutdrucks nicht selten konstatierbar und häufiger als beim faradischen Strom, bei dem sie aber auch vorkam.

Die Indikationen für die Behandlung mit dem Vierzellenbad sind dieselben wie für die elektrischen Vollbäder. Nach Lossen[1]) sind besonders auch Fälle von Herzmuskelinsuffizienz und konsekutiver Dilatation mit gutem Erfolg durch Wechselstromapplikation im Vierzellenbad behandelt, so unter anderem die Herzmuskelinsuffizienz der Biertrinker und Alkoholisten, die Herzaffektionen nach muskulärer Überanstrengung, die Herzmuskelinsuffizienz nach allgemeinen Ernährungsstörungen, sowie bei Anämie, und infolge ungenügender Übung der Herzkraft, Dilatation durch übermäßige nervöse Erregungen, vasomotorische Neurosen, chronische Erkrankung nach Unfällen usw.

„In den meisten Fällen konnte orthodiagraphisch eine Verkleinerung der Herzgrenzen nachgewiesen werden, in fast allen Fällen war nach der Applikation das subjektive Gefühl der Erleichterung und der gesteigerten Leistungsfähigkeit deutlich ausgesprochen."

Zur Erklärung der Wirksamkeit des elektrischen Stromes im Vierzellenbad stellt Schnée[2]) selbst die Behauptung auf:

„Die Grundursache der Wirksamkeit des galvanischen Stromes ist darin zu suchen, daß der Blutfluß mit der Richtung des positiven Poles beschleunigt und entgegen der Richtung desselben verlangsamt wird, mit andern Worten: fließt der positive Strom in der Richtung einer Arterie,

[1]) Lossen, Das Elektrisationsverfahren im Schnéeschen Vierzellenbad. Archiv für Orthopädie, Mechanotherapie und Unfallchirurgie, II, 3.

[2]) Schnée, Meine Erfahrungen mit dem elektrischen Vierzellenbad, S. 4.

so beschleunigt er den Blutfluß derselben, er verlangsamt aber auch gleichzeitig den Blutfluß in der parallel laufenden Vene, und umgekehrt: fließt er in der Richtung einer Vene, so beschleunigt er den Blutfluß in dieser und staut gewissermaßen das Blut in der parallel laufenden Arterie. Demgemäß findet in beiden Fällen eine größere Betätigung in den Kapillaren statt: im ersteren Falle eine Blutdruckerhöhung und im letzteren eine Blutdruckverminderung."

Ebenso wie Schnée betrachtet Lossen (l. c.) als die Grundlage der therapeutischen Wirkung des galvanischen Stromes die „kataphorische Wirkung" desselben, über welche er schreibt: „Ich verstehe hierunter die Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit und des hydrodynamischen Druckes, welche ein galvanischer Strom hervorruft, wenn er z. B. den Hauptstamm einer Arterie in der Richtung des Blutstromes durchläuft. Zikel hat diese Tatsache bekanntlich experimentell begründet."

Diese Untersuchungen Zikels müssen wir nun etwas näher betrachten.

Zikel[1]) schreibt in seinem Lehrbuch der klinischen Osmologie: „Die Wirksamkeit des elektrischen Stromes ist eine außerordentlich verschiedenartige, je nach seiner Anwendung. Man vermag durch den Strom die osmotische Blutspannung nach Bedürfnis und Indikation zu erhöhen oder zu erniedrigen und in gleicher Weise den Blutdruck steigernd oder vermindernd zu beeinflussen." — „Ich möchte an dieser Stelle nur noch hinzufügen, daß es mir gelungen ist, durch Experimentaluntersuchungen, die ich wegen ihrer präzisen Beweiskraft im folgenden darlege, eine Eigenschaft des galvanischen Stromes in ihrem Bestehen evident nachzuweisen, die häufig debattiert und in neuerer Zeit völlig in Frage gestellt worden ist: die Kataphorie der galvanischen Elektrizität." — Zur Ausführung dieses Versuches läßt Zikel eine 1proz. Chlornatriumlösung unter konstantem Druck aus einer höher gestellten Flasche in eine niedriger stehende überfließen, und zwar durch einen „ein menschliches Blutgefäß darstellenden Gummikapillarschlauch" von 0,75 m Länge. In weiterer Beschreibung des Versuches fährt Zikel fort: „Läßt man nun einen galvanischen Strom von wachsender Stärke in der Strömungsrichtung der Flüssigkeit durch den Gummikapillarschlauch fließen, so kann man präzis mit dem Eintreten des Stromes ein Anwachsen der innerhalb einer jeden Minute in das untere Gefäß entleerten Flüssigkeitsmenge, die man nach beendetem Versuche vorteilhaft abpipettiert, beobachten, während bei umgekehrter Stromrichtung die sonst in gleichen Zeiten konstant entleerte Flüssigkeitsmenge sich verringert."

Bei einer Modifikation dieses Versuches, indem er (ohne Zu- und Abfluß)

[1]) Zikel, Lehrbuch der klinischen Osmologie als funktionelle Pathologie und Therapie, Berlin 1902.

den Wasserstand in 2 an den Enden des Gummikapillarschlauches befindlichen Glaskapillaren beobachtete, konstatierte Zikel ein Steigen oder Sinken der Wasserhöhe in der einen Kapillare je nach der Richtung des elektrischen Stromes. —

Zikel schreibt: „Offenbar ist mit diesen Versuchen der Beweis einer streng physikalischen Wirksamkeit des galvanischen Stromes im Organismus erbracht", und gibt die Interpretation der Versuche in folgendem Satze: „Durchfließt der galvanische Strom einen Zellkomplex in der Längsrichtung einer mit einer Vene parallel verlaufenden Arterie, so wird er, falls er in der Blutstromrichtung eintritt, den Druck und die Wanderungsgeschwindigkeit des Blutes in der Arterie erhöhen, in der Vene erniedrigen und demnach eine therapeutisch in gewissen Fällen erwünschte kapillare Druckerhöhung bewirken. In entgegengesetzter Richtung fließend, vermag der Strom die gegenteilige Wirksamkeit, d. h. eine kapillare Druckentlastung, die bei Kongestionen und anderen pathologischen Zuständen anzustreben ist, hervorzubringen."

Wenn wir nun diese Versuche Zikels kritisch betrachten, so erscheinen uns doch dieselben lediglich als eine neue experimentelle Bestätigung der schon eingangs erwähnten physikalischen Eigenschaft des elektrischen Stromes, die als Elektrodiffusion oder Kataphorese in porösen Körpern bezw. in kapillaren Hohlräumen schon längst bekannt und nachgewiesen ist.

Unzulässig ist es jedenfalls, aus Versuchen, die an einem Gummischlauch gemacht sind, ohne weiteres auf das Verhalten eines mit Muskeln und Nerven versehenen Organes, wie es die Arterien des Menschen sind, Rückschlüsse ziehen zu wollen. Daß tatsächlich die Wirkung der Elektrizität auf die Muskeln und Nerven eine eventuelle kataphorische Wirkung vollkommen zurücktreten läßt und auf ganz andere Weise die Blutverteilung und den Blutdruck beeinflußt, werden wir aus meinen, im folgenden beschriebenen Untersuchungen ersehen können.

Die Behauptungen Schnées sind auch bisher schon nicht ohne Widerspruch geblieben, so hat, wie schon oben erwähnt, Franze (l. c.) einen gesetzmäßigen Einfluß des Vierzellenbades auf Blutdruck und Spannung nicht nachweisen können. Auch Max Hirsch[1]) hat mit Gärtners Tonometer den Blutdruck vor und nach Einwirkung des Vierzellenbades gemessen und fand dabei ganz

[1]) Max Hirsch, Die Einwirkung des Vierzellenbades auf den Blutdruck (XXVII. Versammlung der Balneolog. Gesellschaft in Dresden 1906).

unregelmäßige Schwankungen — keineswegs solche, die die Schnéeschen Behauptungen stützen könnten, auch nicht gegensätzliches Verhalten bei Wechsel der Stromrichtung. Hirsch kommt zu dem Schluß:

„Wenn auch das Vierzellenbad für die Beeinflussung des gesamten Zustandes und einer Reihe von Erscheinungen bei Herzkrankheiten eine segensreiche Wirkung zeigt, so kann ich ihm doch nicht die Fähigkeit zusprechen, den Blutdruck nach Wunsch zu verändern, wie es Schnée getan hat. Falls Schnée recht hätte, müßte ja bei der Arm — Armschaltung (+ — resp. — +) die eine Seite eine Herabsetzung, die andere eine Erhöhung des Blutdruckes zeigen. Einige diesbezügliche Kontrollversuche haben aber diese Angaben nicht bestätigt."

Ich selbst habe während einer Reihe von Jahren bei der Anwendung des elektrischen Vierzellenbades so zahlreiche ausgezeichnete therapeutische Erfolge zu verzeichnen gehabt, daß ich an der vorzüglichen Wirksamkeit dieser Applikationsform keinen Augenblick zweifle. Ich wendete diese Behandlungsweise teils auf der Grundlage der von Schnée und anderen Beobachtern veröffentlichten Erfahrungen, teils auf Grund der von mir selbst nach vorsichtigen Versuchen für die einzelnen Arten der Erkrankungen als zweckmäßig gefundenen Stromschaltungen an. — Über die Ursache dieser günstigen Einwirkungen konnte ich mir allerdings kein klares Bild machen und war bis vor kurzem geneigt, die von Schnée angegebenen physiologischen Wirkungen der elektrischen Ströme für richtig zu halten.

Es liegt ja auch so nahe, in der physikalischen Wirkung der „Kataphorese" die Heilwirkung der elektrischen Ströme zu suchen, da solche Kataphorese, wenn sie bei Einwirkung des Stromes auf den lebenden Organismus wirklich zu Tage tritt, bei richtiger Schaltung eine Art „Bierscher Stauung" in einzelnen Organen, zum mindesten aber in einer Extremität, hervorrufen müßte, welche die günstige Wirkung erklären könnte.

Da Schnée selbst den Beweis für die Richtigkeit seiner Behauptung schuldig geblieben ist, und da auch durch die Untersuchungen Zikels ein Beweis für die kataphorische Wirkung des galvanischen Stromes im menschlichen Organismus durchaus nicht gegeben ist, beschloß ich, durch eigene Versuche diesen Einfluß experimentell zu prüfen.

Bei der Anordnung meiner Versuche ging ich von folgender Überlegung aus: Wenn die Behauptung Schnées richtig ist, daß bei Einwirkung des elektrischen Stromes, der in der

Richtung des Blutstromes einer größeren Arterie fließt, die Strömungsgeschwindigkeit des Blutes in dieser vermehrt, dagegen in der parallel laufenden Vene der Rückfluß des Blutes gleichzeitig gehemmt wird, dann muß z. B. in einem Arme, welcher vom elektrischen Strome in gedachter Richtung, also von der Schulter nach der Hand zu durchflossen wird, eine Stauung des Blutes und damit eine Volumvermehrung der Extremität eintreten. Bei umgekehrter Richtung des elektrischen Stromes müßte — bei vermindertem Zufluß und erleichtertem Abfluß des Blutes (nach Schnées Hypothese) — eine Verminderung der Blutfüllung der Extremität und damit auch eine Verminderung des Volumens derselben eintreten.

Was den Blutdruck betrifft, so soll derselbe nach Schnée bei der ersten Schaltung gesteigert, bei der letzten Schaltung herabgesetzt sein.

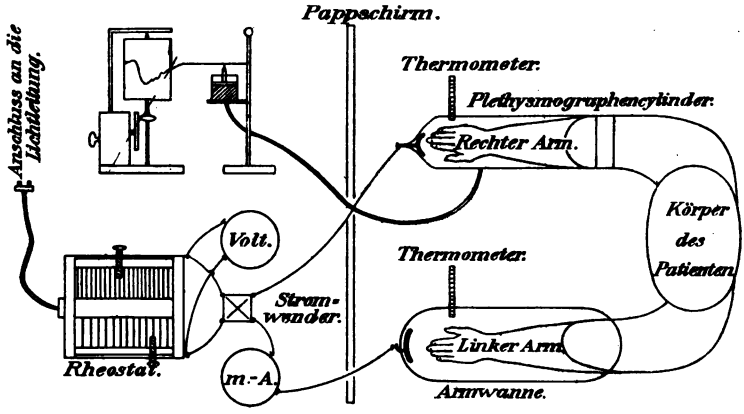
Um nun die Veränderung der Blutfüllung in einer Extremität direkt und genau aufzuzeichnen, besitzen wir ein geeignetes Instrument in Mossos Plethysmographen, welches sonderbarerweise zur Registrierung der Veränderung der Zirkulationsverhältnisse bei Einwirkung des elektrischen Stromes meines Wissens bisher noch nicht benutzt ist, trotzdem doch der Gedanke so nahe liegt.

Da das Plethysmographengefäß den ganzen Unterarm eines Menschen aufnehmen kann, so ergibt sich für unsere Versuche eine sehr einfache Anordnung, indem wir eine Armwanne des Vierzellenbades durch das (mit physiologischer Kochsalzlösung gefüllte) Plethysmographengefäß ersetzen und den andern Arm in eine Zellenbadwanne legen lassen, welche ebenfalls mit physiologischer Kochsalzlösung gefüllt ist.

Auf diese Weise können wir den galvanischen Strom in aufsteigender oder absteigender Richtung durch die Extremitäten hindurchgehen lassen. Wenn wir z. B. den linken Arm der Versuchsperson in die Zellenbadwanne legen lassen und dieselbe mit dem positiven Pole unseres galvanischen Apparates verbinden, so geht der Strom von der letztern aus durch die Regulier- und Meßinstrumente in die Armwanne des Zellenbades, sodann aufwärts durch den linken Arm und durch den Körper des Patienten in den rechten Arm, den er von der Schulter abwärts bis zu dem im Plethysmographengefäß befindlichen Unterarm durchläuft. Vermittelst einer in das Plethysmographengefäß eingefügten Elektrode geht der Strom sodann zur Elektrizitätsquelle zurück.

Bei der gedachten Anordnung haben wir also im rechten Arm eine Richtung des elektrischen Stromes von der Schulter nach der Hand zu, müßten also nach Schnée eine Blutstauung und dadurch Volumvermehrung im rechten Unterarm erwarten, die wir durch den Plethysmographen registrieren könnten; bei Umkehrung der Stromrichtung (mittels des Stromwenders) hätten wir umgekehrt eine Volumverminderung im rechten Unterarm und damit im Plethysmographengefäß zu erwarten.

Um eine Nachprüfung meiner Untersuchungen unter gleichen Verhältnissen zu ermöglichen, muß ich jetzt die Versuchsanordnung genau beschreiben.



Die Versuchsperson sitzt an der Schmalseite eines Tisches, der linke Arm liegt bis über den Ellbogen in einer Armwanne (aus dem Instrumentarium des Vierzellenbades), der rechte Arm befindet sich ebenfalls bis über den Ellbogen in einem Plethysmographengefäß. Beide Gefäße sind mit physiologischer Kochsalzlösung von indifferenter Temperatur (34—37° C.) gefüllt, in welche der elektrische Strom hineingeleitet wird, so daß — ebenso wie beim Vierzellenbad — die ganze von der Kochsalzlösung umspülte Hautfläche als Elektrode für den durch den Körper zu leitenden Strom aufzufassen ist.

Das Plethysmographengefäß besteht aus Glas, sowohl um die Bildung von störenden Stromschleifen innerhalb der eingeschlossenen Extremität und Verätzung der letzteren durch Anliegen an eine stromleitende Metallumhüllung zu vermeiden, als auch

um eine Kontrolle der eingeschlossenen Extremität hinsichtlich willkürlicher oder unwillkürlicher Bewegungen zu ermöglichen.

Zur Vermeidung von Erschütterungen, welche die Aufzeichnung der Plethysmographenkurve stören könnten, ist das Plethysmographengefäß — in Herzhöhe — an einem Bindfadensystem befestigt und mit diesem an der Zimmerdecke aufgehängt.

Außer mit der zuleitenden Elektrode, welche in das vordere Ende des Plethysmographenzylinders hineinragt, ist der letztere noch mit einem Thermometer versehen. Die Verbindung mit der Schreibvorrichtung wird durch einen Gummischlauch gebildet.

Die Schreibvorrichtung selbst besteht aus einem Ludwigschen Kymographion. Die Umlaufszeit der Trommel, welche einen Umfang von 50 cm hat, ist so eingestellt, daß ein einmaliger Trommelumlauf genau 10 Minuten dauert. Da es bei der Aufzeichnung der Volumschwankungen für unsere Zwecke mehr darauf ankommt, bei langsamem Trommelumlauf die stärkeren Füllungsänderungen über längere Zeit hin aufzuzeichnen, als die kurzdauernden Pulsschwankungen zu registrieren, so mußten wir die Schreibvorrichtung gegen Puls- und Respirationsschwankungen weniger empfindlich machen. Um aber doch eine leicht und genau schreibende Vorrichtung zu erhalten, benutzten wir ein Metallkästchen von Würfelform, dessen Seiten innen je 5 cm lang sind. Dieses Kästchen ist ungefähr zur Hälfte mit physiologischer Kochsalzlösung gefüllt, welche durch eine am Boden des Gefäßes angebrachte Öffnung vermittelst des Gummischlauches direkt mit dem Plethysmographenzylinder in Verbindung steht. In dem Kästchen schwimmt, mit leichtgleitender Führung versehen, eine Korkplatte, die durch passend geformten Aufsatz den Schreibhebel in Bewegung setzt. Der Angriffspunkt des einarmigen Hebels ist 10,5 mm vom Drehpunkt, die Schreibspitze 168 mm vom letzteren entfernt; die Größe der Schwankung wird also durch die Hebelübertragung auf das 16fache vergrößert. Da die Oberfläche des Wassers im Kästchen 25 qcm = 2500 qmm beträgt, so wird jede Erhebung des Schwimmers um 1 mm Höhe einer Vermehrung des Volumens im Plethysmographengefäß um 2500 cmm = 2,5 ccm entsprechen, und diese Differenz wird auf der Kurve mit 16 mm Höhenunterschied aufgezeichnet; eine Füllungsdifferenz von 1 ccm entspricht also einer Höhendifferenz von 6,4 mm; 1 cm Höhendifferenz = 1,56 ccm Füllungsdifferenz. Da ferner der Umfang der Trommel 50 cm beträgt und die Umlaufs-

zeit, wie gesagt, auf 10 Minuten eingestellt ist, entpricht jeder Minute eine Entfernung von 5 cm in der horizontalen auf der Originalkurve. Um die Beurteilung des zeitlichen Verlaufes zu erleichtern, sind im unteren Teil jeder Kurve die Intervalle von je 1 Minute durch Zeitmarken markiert. Im übrigen ist für die Beurteilung der verkleinerten Abbildungen der beigedruckte Grad der Verkleinerung mit in Betracht zu ziehen.

Der zum Elektrisieren benutzte galvanische Strom wird von der Lichtzentrale vermittelst eines Anschlußapparates von Gebr. Ruhstrat-Göttingen abgeleitet, welcher die Abnahme jeder gewünschten bezw. notwendigen Spannung gestattet. Die letztere wird durch ein zwischen den Ableitungsklemmen des Anschlußapparates eingeschaltetes Präzisions-Voltmeter genau gemessen.

Nach Ableitung von dem Anschlußapparat passiert der galvanische Strom einen Stromwender, und vor allem ein Präzisions-Milliampèremeter, und nimmt seinen Weg durch den Körper der Versuchsperson vermittelst der in die Armwanne bezw. in das Plethysmographengefäß eingefügten Elektroden. Die Stromstärke, welche auf den einzelnen Kurven notiert ist, wurde verschieden gewählt und betrug: 6, 8, 10, 12, 15, 20 M-A.

Für die mit dem faradischen Strom vorzunehmenden Untersuchungen verwenden wir den sekundären Strom eines Du Bois-Reymondschen Schlitteninduktionsapparates mit Unterbrechung durch den Wagnerschen Hammer (also mit ca. 30 bis 40 Unterbrechungen in der Sekunde), durch dessen primäre Rolle der elektrische Strom einer Akkumulatorzelle (= 2 Volt) geht, und dessen sekundäre Rolle 10243 Windungen hat. — Die auf den (mit dem faradischen Strom aufgenommenen) Kurven mit + und — bezeichneten Stromrichtungen beziehen sich auf die Anode und Kathode des Öffnungsstromes, da dieser die bedeutend größere physiologische Wirkung besitzt. Die Stromstärke (bei 120—125 mm Rollen-Abstand [„R-A"]) wurde so gewählt, daß sie hinreichend war, leichte fibrilläre Zuckungen der Muskulatur auszulösen, ohne jedoch unangenehme Empfindungen hervorzurufen.

Bei der Ausführung der Versuche sind noch verschiedene Vorsichtsmaßregeln zu beobachten, um Beeinflussung der Blutfüllung im Arm durch nicht zum Versuch gehörige Momente möglichst auszuschließen. Dazu gehört ein bequemes, nicht anstrengendes Sitzen und ein ruhiges gleichmäßiges Atmen der Versuchsperson, welcher außerdem vorher eingeschärft wird, sich um die Vorgänge

um sie herum möglichst gar nicht zu bekümmern. Um das letztere überhaupt zu ermöglichen, wird zwischen die Versuchsperson und die gesamten Geräte ein großer schwarzer Pappschirm aufgestellt, damit die betreffende Person weder die Aufzeichnungen auf der Schreibtrommel, noch die (möglichst geräuschlosen) Hantierungen an den elektrischen Schaltapparaten beobachten kann; es zeigte sich nämlich während der Vorversuche, daß ohne diese Vorsichtsmaßregel schon allein der Gedanke der Versuchsperson, „jetzt kommt der elektrische Strom", plötzliche und nicht unbedeutende Schwankungen der Blutfüllung in den Extremitäten veranlassen konnte. Die Versuche, deren Resultat in 66 Plethysmogrammen vorliegt, wurden an 14 verschiedenen, sämtlich gesunden Personen vorgenommen. Mit wenigen Ausnahmen waren die Personen im Alter von ca. 19—23 Jahren, meist Studenten, die sich zu den Versuchen zur Verfügung stellten.

Außer der Aufnahme der plethysmographischen Kurven habe ich in 40 Fällen von diesen noch genaue Beobachtungen der Pulsfrequenz und Respirationsfrequenz, des Blutdruckes (mittels des Sphygmomanometers von Riva-Rocci) am rechten und linken Arm, und der faradokutanen Sensibilität (ebenfalls am rechten und linken Arm), sowie der Wassertemperaturen gemacht. — Alle diese Untersuchungen wurden sowohl unmittelbar vor Einwirkung des elektrischen Stromes, als auch sofort nach derselben vorgenommen. Die dadurch gewonnenen Resultate sind aus den später angeführten Tabellen ersichtlich.

Was die Anzahl der Versuche mit den einzelnen Stromarten betrifft, so habe ich

36 Plethysmogramme mit galvanischem Strom,
21 Plethysmogramme mit faradischem Strom,
3 Plethysmogramme zur Feststellung der Zirkulationsverhältnisse bei willkürlichen Muskelkontraktionen und
6 Plethysmogramme zur Kontrolle ohne Strom (bei sonst ganz gleicher Versuchsanordnung) aufgenommen.

Da es nun aber unmöglich ist, sämtliche Kurven in dieser Arbeit reproduzieren zu lassen, so habe ich diejenigen Kurven ausgewählt, welche geeignet sind, als Typen der übrigen zu dienen.

Wenn wir jetzt die einzelnen Gruppen der Kurven (nach der Stromart) betrachten, so fällt uns zunächst auf, daß die Kurven jeder einzelnen Gruppe zwar nach der Individualität der Versuchs-

person verschieden sind, daß sie aber alle einen vollkommen gesetzmäßigen Verlauf nehmen, so daß wir imstande sind, sichere Schlußfolgerungen daraus zu ziehen.

Für das „Lesen" der Kurven ist hier noch zu bemerken, daß ein Steigen der Kurven stets einer Volumvermehrung im Innern des Plethysmographenzylinders entspricht, welche ihrerseits nur durch eine stärkere Blutfüllung des eingeschlossenen Unterarms hervorgerufen werden kann. Ein Sinken der Kurve entspricht stets einer Volumverminderung resp. geringeren Blutfüllung des Armes.

I. Kurven ohne Elektrizität.

Betrachten wir zunächst die ohne Anwendung des elektrischen Stromes aufgenommenen 6 Kurven, so sehen wir bei 5 derselben während der 10 Minuten dauernden Einwirkung des Armbades (Kochsalzlösung von 34—37° C.) eine Steigung der Kurve um 2,7—5,6 cm über die Anfangshöhe (entsprechend einer Volumvergrößerung des Armes um 4,2—8,7 ccm). Während 4 von den genannten Kurven gleichmäßig ansteigen, ist die fünfte von unregelmäßigen Schwankungen durchsetzt, da die Versuchsperson absichtlich veranlaßt wurde, die Aufmerksamkeit vielfach abzulenken. — Nur bei einer Kurve (der sechsten) finden wir ein leichtes Sinken der Kurve um 1,5 cm (entsprechend einer Volumverminderung des Armes um 2,3 ccm). Die auf allen plethysmographischen Kurven erscheinenden respiratorischen Druckschwankungen sowie die „Traube-Heringschen Wellen", als Ausdruck einer, mit den Atembewegungen parallel gehenden Erregungsschwankung des vasomotorischen Zentrums, sind auf allen unseren Kurven deutlich sichtbar. Die Pulsschwankungen sind entweder gar nicht, oder nur aus ganz leichten Vibrationen zu erkennen.

II. Kurven mit galvanischem Strom.

Die zur Erforschung der Wirkung des galvanischen Stromes aufgenommenen Kurven sind sämtlich so hergestellt, daß zuerst die Kurve eine Zeitlang ohne Applikation des elektrischen Stromes aufgezeichnet wurde, sodann wurde der galvanische Strom eingeleitet, und zwar wurde dieser durch ziemlich schnelles Vorschieben des Rheostaten von 0 auf die vorher bestimmte, und auf jeder Kurve vermerkte Milliampère-Zahl gebracht.

Nach genügend langer Dauer des Stromes wurde derselbe durch

Zurückschieben des Rheostaten wieder ausgeschaltet und nun noch eine Zeitlang ohne Elektrizität der weitere Verlauf der Kurve beobachtet. — Bei den ersten Versuchen ließ ich das Armbad ohne und mit Elektrizität bis zur Dauer von 35 Minuten unter gleichzeitiger Aufzeichnung des Plethysmogrammes einwirken; nachdem sich aber nach und nach ein vollständig gleichmäßiger bzw. gesetzmäßiger Verlauf herausgestellt hatte, begnügte ich mich bei den später aufgenommenen Kurven mit einer Zeit von 10—20 Minuten, wobei zuerst 2—4 Minuten ohne Strom, dann 6—12 Minuten unter Einwirkung des elektrischen Stromes und zum Schluß nochmals 2—4 Minuten ohne Strom die Kurven aufgezeichnet wurden.

Bei den 36 Plethysmogrammen, die unter Einwirkung des galvanischen Stromes aufgenommen sind, sehen wir zuerst, ehe der Strom einsetzt, in allen Fällen den Verlauf der Kurve mit leichter Steigung oder in annähernd horizontaler Richtung, entsprechend den vorhin beschriebenen, ganz ohne elektrischen Strom aufgenommenen Kurven.

Nach Einsetzen des Stromes beobachteten wir in allen Fällen ein mehr oder weniger schnelles und tiefes Absinken der Kurve (entsprechend einer mehr oder weniger plötzlichen und ausgiebigen Volumverminderung des Armes). Diese Veränderungen sind bei derselben Versuchsperson, wenn dieselbe an verschiedenen Tagen mit verschiedener Intensität des Stromes oder bei verschiedener Stromrichtung behandelt wird, immer annähernd die gleichen, während bei verschiedenen Personen die Reaktion auf den elektrischen Strom zwar auch stets im gleichen Sinne eintritt, aber doch an Stärke sehr verschieden sein kann. So schwankt z. B. die Differenz des Abfalls der Kurve nach Einsetzen des galvanischen Stromes bei verschiedenen Personen zwischen 1,5—8,0 cm in der Höhe (entsprechend einer Volumverminderung des Armes um 2,3—12,5 ccm).

Eine Differenz in der Entwicklung der „galvanischen Kurven" bei den verschiedenen Versuchspersonen macht sich weiterhin insofern geltend, als in einer Anzahl der Fälle ein Wiederansteigen der Kurve schon nach $^1/_2$—1—$1^1/_2$ Minuten eintritt, während in einer anderen Reihe der Beobachtungen die Linie der Kurve nur langsam wieder in eine horizontale und schließlich ansteigende Richtung übergeht, in einigen Fällen sogar andauernd sinkt. Es muß hierbei ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß **bei derselben Versuchsperson** nicht nur die Reaktion auf das Ein-

setzen des Stromes, sondern auch **das Verhalten der Kurve** während des elektrischen Stromes stets fast genau **das gleiche und im besonderen unabhängig ist von der Stromrichtung!** So ist z. B. bei derselben Versuchsperson auch niemals ein schnelleres Wiederansteigen der Kurve (entsprechend einer schnelleren Vermehrung des Armvolumens) zu beobachten, wenn im rechten Arm, der sich im Plethysmographenzylinder befindet, die Stromrichtung von der Schulter zur Hand, als wenn sie umgekehrt geschaltet ist. Lediglich die individuelle Reaktionsfähigkeit der einzelnen verschiedenen Versuchspersonen bedingt die verschiedene Gestaltung der galvanischen Kurven.

Wie erwähnt, verhalten sich die Kurven nur bei verschiedenen Versuchspersonen während der Dauer des Stromes verschieden. Nach dem ersten plötzlichen Sinken (bei Einleitung des Stromes) wird die Anfangshöhe der Kurve (d. h. die Höhe bei Stromschluß) schon während der elektrischen Durchströmung wieder erreicht in 14 Fällen und darunter in 11 Fällen sogar etwas überschritten. Nach Aufhören des Stromes wird die Anfangshöhe dann noch in drei weiteren Fällen erreicht (und von diesen in einem Falle überschritten). Dagegen bleibt in 16 Fällen die Kurve (und somit auch das Volumen des Armes) sowohl während der ganzen elektrischen Durchströmung als auch in der Beobachtungszeit nachher auf einer geringeren Höhe als zu Anfang stehen.

In sieben von diesen letzteren Fällen zeigt sogar die Kurve überhaupt kaum Neigung, sich nach dem tiefen Abfall wieder zu erheben, und zwar war das 5mal der Fall bei der einzigen älteren Versuchsperson, einem 50jährigen Herrn (der im übrigen keinerlei nachweisbare Zeichen von Arteriosklerose oder sonstigen Erkrankungen des Gefäß- und Nervensystems aufwies), und in den beiden anderen Fällen bei einem 21jährigen Studenten mit sehr labilem Nervensystem, welches auf das Einsetzen und das Unterbrechen des Stromes ganz besonders stark reagierte (vergl. Tafel I, Nr. 2 u. 3).

Aus unseren galvanischen Kurven ist weiterhin zu ersehen, daß nicht allein die Einleitung des Stromes, sondern auch die Unterbrechung desselben meist einen deutlichen Einfluß auf den Verlauf der Kurve ausübt, indem sie die Höhe derselben plötzlich herabsetzt.

Bei den abgebildeten galvanischen Kurven:

Nr. 2. (12 M-A. +), 3. (12 M-A. —), 4. (6 M-A. —), Gerh. Schw.

Nr. 5. (12 M-A. —), 6. (12 M-A. +), 7. (20 M-A. +), Franz W.
„ 8. (12 „ —), 9. (12 „ +), 10. (20 „ + u. —), Stud. H.
ist die Ähnlichkeit der bei jeder einzelnen Person aufgenommenen Kurven untereinander sehr deutlich, trotzdem Stromstärke und Schaltung bei den 3 Kurven jeder Gruppe verschieden waren. Der Unterschied in der individuellen Reaktionsweise tritt dagegen besonders bei den 3 Kurven der ersten Gruppe im Vergleich mit den anderen hervor.

Abgesehen von den erwähnten Veränderungen hat die Durchleitung des elektrischen Stromes keinen nachweisbaren Einfluß auf die Gestaltung der Kurve; nur in einigen Fällen schien die anfangs etwas unruhigere Linie nach Einleitung des Stromes etwas ruhiger, gleichmäßiger zu werden. Die Atemschwankungen und die „Traube-Heringschen Wellen", sowie die eventuelle Andeutung der Pulsschwankungen blieben unverändert.

III. Kurven mit faradischem Strom.

Bei den Versuchen mit dem faradischen Strom wurde in 8 Fällen der positive Pol, in 13 Fällen der negative Pol (d. h. Anode resp. Kathode des Öffnungsstromes) mit dem Plethysmographenzylinder verbunden. Während sich nun diese beiden Schaltungen in ihrer Einwirkung auf die sensiblen Hautnerven insofern verschieden zeigen, als die Seite der Kathode aus dem empfundenen stärkeren Reiz jedesmal erkannt werden kann, sehen wir doch bei Betrachtung unserer Kurven, daß die Verschiedenheit der Schaltung für den Einfluß des faradischen Stromes auf die Blutverteilung nicht von Bedeutung ist.

Die Form der Kurve gestaltet sich in der weitaus größten Mehrzahl der Fälle folgendermaßen: Zuerst, vor Einleitung des elektrischen Stromes, verläuft die Kurve wieder annähernd horizontal oder mit leichter Steigung nach aufwärts. Unmittelbar nach Einsetzen des Stromes, welcher bei großem Rollenabstand eingeschaltet und dann durch schnelles Vorschieben der Sekundärspule auf die beabsichtigte Stärke gebracht wird, sinkt dann die Kurve ziemlich steil und tief herab, bis ca. $^1/_2$ Minute nach Stromschluß der tiefste Punkt erreicht ist. Dieses Abfallen ist durchschnittlich bedeutend stärker als bei Einwirkung des galvanischen Stromes. So beobachteten wir einmal eine Höhendifferenz von mehr als 9 cm (wobei der Schreibhebel unter den Rand der Trommel herabsank, so daß die ganze Differenz nicht zu messen war), entsprechend einer Volumverminderung des Armes um mehr als 14 ccm.

Auch das nun folgende Wiederansteigen der Kurve ist in verschiedenen Fällen ein viel schnelleres und sehr viel intensiveres, als wir es jemals unter der Einwirkung des galvanischen Stromes beobachtet haben. So wurde in 4 Fällen der Schreibhebel noch weit über den oberen Rand der Schreibtrommel emporgehoben. Auf der Kurve Nr. 15 ist, nach einem kurzen Abfall von 1,4 cm Höhe, eine Erhöhung von 8,7 cm — entsprechend einer Volumvermehrung des Armes von 13,6 ccm — noch nachzumessen; jedoch stieg dieselbe auch in diesem Falle noch bedeutend weiter. Dabei wurde diese Steigerung durch den Einfluß des faradischen Stromes innerhalb von 2 Minuten zustande gebracht. — In anderen Fällen ist das Steigen der Kurve nicht so intensiv, und bei einer Anzahl der Versuche bleibt die Kurve dauernd unter der Anfangshöhe. Im ganzen wird — nach dem ersten plötzlichen Abfall — die Höhe zur Zeit des Stromschlusses in 10 Fällen schon während der Einwirkung des Stromes wieder erreicht und davon in 9 Fällen überschritten. Einmal wird die Anfangshöhe außerdem noch nach Aussetzen des Stromes erreicht und überschritten; in den übrigen 10 Fällen dagegen wird die Anfangshöhe weder während der Stromeinwirkung, noch nach Aufhören derselben erreicht.

Während wir den soeben beschriebenen, gewissermaßen „typischen" Verlauf auf 16 unserer Kurven finden, sehen wir bei nur 5 Versuchen (vergl. Nr. 17 und 18) unmittelbar nach Einschaltung des Stromes nicht ein Fallen, sondern ein plötzliches kurzes Ansteigen der Kurve bis zu 4 cm — entsprechend einer Volumvermehrung des Armes um 6,2 ccm. In 4 von diesen Fällen fiel dann die Kurve sofort wieder steil herab — bis unter die Anfangshöhe — und nur in einem Falle (Nr. 17) blieb sie auf einem höheren Niveau als zu Anfang stehen. Da bei allen Versuchen die Stromstärke ebenso wie die ganze Versuchsanordnung die gleiche war, müssen wir die zuletzt erwähnten Abweichungen von dem typischen Verlauf der Kurven auf eine verschiedene Reaktionsfähigkeit der Versuchspersonen der gleichen Stromstärke gegenüber zurückführen. Daß aber nicht allein bei verschiedenen Personen, sondern auch bei derselben Person zu verschiedenen Zeiten die Empfindlichkeit gegenüber dem faradischen Strome verschieden ist, ersehen wir daraus, daß von den 5 bei einer Person aufgenommenen Kurven (Nr. 34, 36, 40, 44, 45, vergl. Abbildung Nr. 15 und 16) 4 derselben ein untereinander ganz unähnliches Bild bieten.

Außer den erwähnten Unregelmäßigkeiten in der Wirkung des

faradischen Stromes sowohl verschiedenen, wie denselben Versuchspersonen gegenüber, wie wir solche bei Einwirkung des galvanischen Stromes niemals beobachtet haben, finden wir einen weiteren Unterschied von dem letzteren in zahlreichen charakteristischen kurzen und steilen Schwankungen der Kurve unter dem Einfluß des faradischen Stromes, welche besonders deutlich in Nr. 17 zu erkennen sind, während vor der Einwirkung des Stromes und nach dem Aufhören desselben der Verlauf der Kurve ein viel ruhigerer und gleichmäßigerer ist.

IV. Kurven bei willkürlichen Bewegungen.

Verschiedene Beobachtungen bei Anstellung der Versuche, welche erkennen ließen, daß durch willkürliche oder unwillkürliche Bewegungen der Finger im Plethysmographenzylinder der Schreibhebel jedesmal zu außerordentlich starken Exkursionen veranlaßt wurde, welche nicht bedingt sein konnten durch eine bloße Wellenbewegung der Wasserteilchen, legten den Gedanken nahe, auch den Einfluß willkürlicher Muskelkontraktionen auf die Zirkulationsverhältnisse vermittelst derselben Versuchsanordnung zu prüfen. Zu diesem Zweck wurde die Versuchsperson veranlaßt, bei leicht zur Faust geballter Hand, wobei die Fingerkuppen zuerst locker dem Handteller anlagen, in rhythmischer Folge — nach dem Ticken des Metronoms — die Finger gegen den Handteller anzupressen und wieder locker zu lassen. Bei dieser Bewegung wird gleichzeitig sowohl die Beugemuskulatur wie die Streckmuskulatur des Unterarmes innerviert, durch die Antagonistenwirkung aber eine gröbere räumliche Verschiebung verhindert.

Die Pausen zwischen den einzelnen Kontraktionen sind so gewählt, daß zuerst (Kurve 19) jede halbe Sekunde, und dann bei demselben Versuch (Kurve 20) jede ganze Sekunde Kontraktion und Pause abwechselt. Da die Schnelligkeit der Bewegungen bei diesem Tempo eine genaue Analyse der Kurvenbildung aber nicht zuläßt, habe ich später (vergl. Kurve 21 und 22) sowohl die Dauer der Kontraktionen wie der Pausen gleichmäßig auf 2—4 Sekunden verlängert. Hierbei ließ ich die Versuchsperson nach einem, während der angegebenen Zeit andauernden Anpressen der Finger mit dem Druck plötzlich aufhören, worauf dann ein ebenso lange dauerndes Ruhestadium eintrat — und so abwechselnd weiter. Zuletzt (auf Kurve 22) wurde an der mit „Tetanus“ bezeichneten

Stelle die willkürliche tetanische Kontraktion der Muskulatur auf ca. $1^1/_4$ Minute — ohne Pause — ausgedehnt.

Auf unseren Kurven bedeutet die Bezeichnung „I" den Beginn und „II" das Aufhören einer Serie von Kontraktionen, an der mit „Tetanus" bezeichneten Stelle den Beginn und das Aufhören der tetanischen Kontraktion.

Das Bild, welches uns diese Kurven bieten, ist ein ganz unerwartetes, überraschendes; jedoch werden wir durch das Resultat nicht nur befähigt, die mit der galvanischen und faradischen Elektrizität aufgenommenen Kurven zu deuten, sondern auch den Zwiespalt zu lösen, der, wie wir oben gesehen haben, zwischen den Physiologen noch besteht, hinsichtlich der Blutzirkulation im physiologisch tätigen (arbeitenden) Muskel.

Betrachten wir die Kurven in ihren einzelnen Teilen, so finden wir zuerst wieder die bekannte, leicht ansteigende Linie. Sobald nun die Muskelkontraktion beginnt (an der mit I bezeichneten Stelle), sinkt unmittelbar die Kurve steil herab. (Infolge des um eine Achse drehbaren Schreibhebels erscheint das Fallen desselben in Gestalt einer etwas zurückgebogenen Linie.) Beim Nachlassen der Kontraktion steigt ebenso unmittelbar die Kurve wieder senkrecht in die Höhe, bis die erneute Kontraktion ein erneutes plötzliches Abfallen bedingt. An der mit „Tetanus" bezeichneten Stelle sehen wir, daß während der ganzen Dauer der tetanischen Kontraktion die Kurve auf der niedrigen Höhe verbleibt, und daß nur eine ganz leichte Tendenz zur Steigung zu erkennen ist. An dieser Stelle sehen wir auch deutlich, daß ein gewisser „Minimalwert" der Blutfüllung des Armes (die ja durch die Kurve repräsentiert wird) vorhanden ist, der durch die Kontraktion nicht weiter erniedrigt werden kann. Dieser Minimalwert wird durch die erste Kontraktion einer Serie regelmäßig noch nicht erreicht, wohl aber manchmal bei der dritten oder vierten Kontraktion. Bei den letzten Kontraktionen einer Serie bleibt die Blutfüllung wieder über dem Minimalwert. Auf unseren Kurven prägt sich dieses Verhalten dadurch aus, daß bei den ersten und letzten Kontraktionen aller Serien die Kurve unten bei der Umkehr jedesmal einen spitzen Winkel bildet, während bei den mittleren Kontraktionen mit längerer Dauer (4 Sekunden) eine kurze, horizontal verlaufende Strecke der Kurve anzeigt, daß hier der Minimalwert erreicht war.

Ein auffallender Unterschied zeigt sich in der Gestaltung der Kurven je nach dem Tempo, in welchem die Muskelbewegungen

aufeinander folgten. Während nämlich bei dem langsameren Tempo (Kurve 21 und 22) durch jede der 2—4 Sekunden andauernden Kontraktionen die Kurve wieder fast bis zur Minimalhöhe herabgedrückt wird, zeigt sich bei schnellerem Tempo (vergl. Kurve 19 und 20) ein schnelles Ansteigen schon während der Kontraktionen, welches um so intensiver und steiler erfolgt, je kürzer die Zwischenräume zwischen den Kontraktionen gewählt werden. Eine auffallende Ähnlichkeit zwischen der Gestaltung der Kurve 19 und einigen unserer faradischen Kurven tritt dadurch unmittelbar zu Tage.

Beim Aufhören der Kontraktionen am Ende einer Serie steigt die Kurve plötzlich steil in die Höhe, und zwar regelmäßig höher, als der Stand am Anfang der Kontraktionsserie war. Auch hierbei ist die Differenz um so stärker, je schneller die Kontraktionen aufeinander folgen. So sehen wir nach dem Halbsekundentempo (auf Kurve 19) ebenso wie nach der tetanischen Kontraktion (auf Kurve 22) — da man ja den Tetanus als eine Folge von Einzelkontraktionen mit unendlich kleinen Intervallen definieren kann — ein Emporschnellen des Schreibhebels, über den oberen Rand der Schreibtrommel hinaus, so daß die höchste Erhebung nicht meßbar ist. Von dem erreichten Gipfel geht die Kurve sodann mit einigen Schwankungen gewöhnlich wieder zurück, bis annähernd zur Ausgangshöhe, auf der sie dann bis zum Beginn einer neuen Serie von Kontraktionen weiter verläuft. Was das absolute Maß der Schwankungen betrifft, so finden wir die höchste Einzeldifferenz bei der tetanischen Kontraktion mit einem Abfallen um 8,7 cm (entsprechend einer Volumverminderung um 13,6 ccm) und mit einem Steigen von mehr als 10,5 cm (entsprechend einer Volumvermehrung um mehr als 16,4 ccm).

Gehen wir nun dazu über, die **Ergebnisse unserer Untersuchungen** festzusetzen, so ersehen wir zunächst aus unsern ohne Elektrizität aufgenommenen Kurven, daß das Volumen des Unterarmes sich unter der Einwirkung des Wasserbades von indifferenter Temperatur langsam und stetig erweitert, was nach den oben angeführten Untersuchungen von O. Müller und anderen Autoren auf einer Erweiterung der Haut- und Muskelgefäße durch das Armbad beruht.

Um die Art der Einwirkung des galvanischen und faradischen Stromes aus unseren Kurven richtig ableiten zu können, wollen wir zuerst auf die Erklärung der Kurven bei willkürlichen Bewegungen näher eingehen. Der steile Abfall der Kurve bei Beginn der Muskelkontraktionen ist zweifellos bedingt durch ein

mechanisches Auspressen der Muskelgefäße nach den größeren Venen hin, wodurch der Rückfluß des Blutes beschleunigt, der Zufluß dagegen zeitweilig gestaut wird. Daraus resultiert eine Volumverminderung des Armes, welche, wie unsere Kurve beim „Tetanus" zeigt, so lange anhält, als die Muskelkontraktion dauert. Aus derselben Kurve ersehen wir aber gleichzeitig aus dem leichten Ansteigen der Linie, daß schon während des Tetanus die Durchblutung des Muskels wieder anfängt stärker zu werden. Beim Aufhören einer Muskelkontraktion stürzt dann das Blut aus den gestauten Arterien in die leeren Muskelgefäße hinein und verursacht dadurch das rapide Ansteigen des Volumens. — Der sich auf unseren Kurven zeigende fundamentale Unterschied in der Wirkung langsamer und schnell aufeinander folgender Kontraktionen ist so zu erklären, daß bei langsam aufeinander folgenden kräftigen und langdauernden Kontraktionen die Muskelgefäße jedesmal von neuem bis fast zur Minimalgrenze ausgepreßt werden und sich in den Pausen mehr oder weniger wieder füllen, während bei schnellen Kontraktionen der Wechsel zwischen Auspressen und Ansaugen ein schneller ist, wobei sich dann derselbe Effekt zeigt, wie bei einer Saug-Druckpumpe, welche die Flüssigkeit mit erhöhter Geschwindigkeit durch die Gefäße treibt. Ob nach dem ersten Auspressen der Gefäße eine Erhöhung der Gefäßfüllung durch die Pumpwirkung über den gewöhnlichen Stand hinaus stattfindet, hängt dabei von dem individuellen Gefäßzustande der betreffenden Person ab; jedenfalls scheint bei normalen Gefäßen eine Steigerung der Blutfüllung bei schnell aufeinander folgenden Kontraktionen die Regel zu sein.

Durch unsere Untersuchungen ist es nun auch gelungen, den Zusammenhang der oben angeführten physiologischen Untersuchungen über die Blutversorgung des arbeitenden Muskels klarzustellen und eine Beantwortung dieser Frage einwandfrei zu ermöglichen. Mit Ausnahme der Versuche Gaskells, der 1877 bei seinen mikroskopischen Untersuchungen zu einander widersprechenden Resultaten kam, lassen sich die sämtlichen angeführten Untersuchungen von einem gemeinsamen Gesichtspunkte aus erklären, wenn auch die früher aus denselben gezogenen Schlüsse nicht in jedem Falle aufrecht zu erhalten sind. Tschuewsky fand z. B. an der Arteria cruralis — wie oben erwähnt — während tetanisierender Reizung des Muskels: Abnahme des mittleren Stromvolumens, Abnahme der mittleren Blutgeschwindigkeit und Zunahme

des mittleren Blutdrucks. Das erklärt sich durch die Rückstauung des Blutes in der Arterie während der Kontraktion, welche übrigens von Tschuewsky selbst schon konstatiert wurde, indem er bei seiner Stromuhrkurve beobachtete, daß „mit jeder Reizung des Ischiadikus ein Stillstand der Strombewegung eintritt, der bisweilen durch einen kurzdauernden Rückstrom des Blutes in der Arterie eingeleitet wird". — Burton-Opitz, welcher den Blutstrom in der Vena femoralis untersuchte, fand natürlich sowohl bei tetanisierender Reizung der Muskeln wie bei einzelnen Reizen starke Vermehrung des Blutstromes während des Verkürzungsaktes, da eben die Muskelgefäße durch die Kontraktion nach den großen Venen hin ausgepreßt wurden.

Auch die anderen Beobachtungen dieser beiden Autoren decken sich, bei Berücksichtigung des untersuchten Blutgefäßes (Arterie resp. Vene), ganz genau mit den Ergebnissen unserer plethysmographischen Untersuchungen.

M. Kaufmann, der in Verbindung mit Chauveau an den Blutgefäßen des Musc. masseter des kauenden Pferdes nachgewiesen hatte, daß der Blutstrom im tätigen Muskel den des ruhenden um das vier- bis fünffache übertrifft, glaubte aus der Beobachtung, daß nach Beginn des Kauens der Druck in der Muskelarterie fällt und der in der Muskelvene steigt, auf eine Dilatation der intramuskulären Gefäße schließen zu müssen. Diese letztere Annahme läßt sich nach unseren Untersuchungen nicht aufrecht erhalten, vielmehr erklärt sich die Beobachtung von Kaufmann von selbst daraus, daß durch das Spiel der Muskelkontraktionen eine Saugwirkung auf die Arterien und eine Druckwirkung auf die Venen ausgeübt wird.

Ebenso ist die Schlußfolgerung Heilemanns richtig zu stellen, der zwar keine Erweiterung der Kapillaren, wohl aber eine Erweiterung der größeren Muskelgefäße fand, und diese letztere für die Ursache der auch von ihm konstatierten Beschleunigung der Blutzirkulation im faradisch gereizten Muskel ansprach. Diese Erweiterung größerer Muskelgefäße tritt auch nach unseren Untersuchungen ein, und zwar einerseits während der Zeit der Reaktion, d. h. wenn nach Aufhören der Muskelkontraktionen eine Steigerung der gesamten Blutfüllung über die ursprüngliche Höhe hinaus stattfindet; andererseits kann eine solche Erweiterung zeitweilig auch während der Kontraktionen eintreten, wenn durch die Kompression der Kapillaren der Blutgehalt der letzteren in die größeren

Venen hineingepreßt und zugleich der Blutstrom in den zuführenden Arterien gestaut wird. Jedenfalls kann aber eine solche Erweiterung nicht die Ursache, sondern höchstens die Folge der schnelleren Blutbewegung sein, da die Erweiterung der größeren Gefäße im ganzen geringer ist als die Verengerung der Kapillaren, wie aus der Abnahme der Gesamtfüllung der Extremität während der Kontraktionen hervorgeht.

Was den Einfluß des galvanischen Stromes auf die Blutverteilung betrifft, so müssen wir nach unseren Erfahrungen bei den willkürlichen Bewegungen unbedingt annehmen, daß das plötzliche Sinken der Kurve bei Schließung und Öffnung des Stromes dadurch hervorgerufen wird, daß durch Auslösung von Muskelkontraktionen eine Kompression der Muskelgefäße und damit eine Herabsetzung des Armvolumens zustande gebracht wird. Diese Muskelkontraktionen entsprechen den Öffnungs- und Schließungszuckungen und wir können sogar das Pflügersche Zuckungsgesetz dabei auf unseren Kurven nachweisen, insofern, als wir regelmäßig ein tieferes Sinken der Blutfüllung bei Schließung des Stromes wahrnehmen, als bei Öffnung desselben.

Während nun die genannten Veränderungen nur auf die angeregten Muskelkontraktionen zurückzuführen sind, und nicht etwa auf eine Wirkung der Vasomotoren, da diese nicht so unmittelbar auf einen Reiz reagieren, so werden wir doch wohl den Grund für das längere Anhalten der Volumverminderung, sowie für die größere Gleichmäßigkeit der Gefäßfüllung, die aus dem Glatterwerden der Kurve bei verschiedenen Versuchen ersichtlich ist, in einer Steigerung des Gefäßtonus durch den galvanischen Strom während seiner Dauer suchen müssen. Diese Annahme befindet sich in Übereinstimmung mit der von den Physiologen schon längst konstatierten Tatsache, daß das Du Bois-Reymondsche Fundamentalgesetz der elektrischen Erregung („Der elektrische Strom wirkt nicht durch seine Dauer, sondern nur durch seine Schwankungen erregend auf den Nerven") in Bezug auf die Erregung der Vasomotoren eine Ausnahme erleidet.

Was nun die von Schnée behauptete und von Zikel angeblich bewiesene „Kataphorie" des galvanischen Stromes betrifft, unter welcher Bezeichnung die genannten Autoren eine Verschiebung unzerlegter Flüssigkeitsmoleküle in der Richtung dieses Stromes verstehen, wodurch die Möglichkeit einer willkürlichen Steigerung oder Herabsetzung des Blutdruckes und der Geschwindigkeit des

Blutstromes gegeben sein soll, so läßt sich aus unseren Versuchen der unumstößliche Beweis entnehmen, daß diese Wirkung des galvanischen Stromes im lebenden Organismus nicht vorhanden ist, oder doch wenigstens gegenüber den physiologischen Wirkungen der galvanischen Elektrizität auf die Muskeln und Nerven so stark zurücktritt, daß sie durch die für solche Forschungen ausschlaggebende Methode der plethysmographischen Untersuchung nicht mehr nachgewiesen werden kann.

Wie ich im vorhergehenden, nach der Besprechung der Zikelschen Untersuchungen, schon hervorgehoben habe, müßte doch beim Bestehen einer „Kataphorie" — in dem angegebenen Sinne des Wortes — bei Kathodenschaltung des im Plethysmographenzylinder befindlichen Unterarmes (also bei einer Durchströmung des Armes von der Schulter nach der Hand zu) eine Volumvermehrung und bei umgekehrter Anordnung eine Volumverminderung im Unterarm eintreten. Die Betrachtung unserer „galvanischen Kurven" zeigt uns, daß solche Wirkung nicht im geringsten vorhanden, und demnach diese Hypothese unzutreffend ist.

Dagegen erlauben uns unsere Versuche keine Schlußfolgerung bezüglich der von Frankenhäuser und Leduc nachgewiesenen „Ionenwanderung", welche ja von der Zikelschen „Kataphorie" prinzipiell verschieden ist.

Während wir somit der Kenntnis von den Wirkungen des galvanischen Stromes mehr auf dem indirekten Wege negativer Schlußfolgerung näher gekommen sind, und für die Erklärung der therapeutischen Wirksamkeit dieses Stromes außer der Erregung von Muskelkontraktionen und Beeinflussung der Vasomotoren nach den Ausführungen von Mann noch die erregbarkeitsverändernde Wirkung des galvanischen Stromes (Katelektrotonus — Anelektrotonus, Bahnung und Hemmung) und nach Frankenhäuser und Leduc die Ionentheorie heranziehen müssen, bieten uns unsere Versuche zur Erklärung der Wirkung des faradischen Stromes die wertvollsten Handhaben. Wiederum ist es der Vergleich mit den Wirkungen der willkürlichen Muskelkontraktionen, welche eine eindeutige Auslegung unserer faradischen Kurven ermöglichen. Direkt ins Auge springend ist ja, wie schon erwähnt, die Ähnlichkeit der Wirkung des faradischen Stromes, wie wir sie besonders auf den Kurven 11, 12, 13, 15, sowie in verschiedenen anderen Fällen beobachten, mit den Wirkungen der willkürlichen Bewegungen, wie sie auf Kurve 19 und 20 aufgezeichnet sind. Ebenso

erinnert die Bildung der Kurve 17, die mit sehr steilen kurzen Schwankungen in fast horizontaler Richtung verläuft, an die Form der Kurven 21 und 22, welche bei langsamer aufeinander folgenden willkürlichen Kontraktionen aufgenommen sind. Der Grund für solches Verhalten liegt auf der Hand; haben wir doch in allen diesen Fällen eine Reihe von Muskelkontraktionen, die nur dadurch untereinander verschieden sind, daß die durch Willensimpulse ausgelösten Bewegungen intensiver sind und in verhältnismäßig längeren Intervallen aufeinander folgen, während die durch den faradischen Strom hervorgerufenen Muskelkontraktionen mehr fibrilläre Zuckungen darstellen, deren Reihenfolge eine außerordentlich schnelle ist.

In beiden Fällen wird nun — und das ist für die therapeutische Anwendung des faradischen Stromes das wesentliche — durch die Wirkung der Muskeltätigkeit nach Art einer Saug-Druckpumpe nicht allein der Blutwechsel in dem Gebiete der tätigen Muskulatur, sondern zugleich auch der gesamte Blutkreislauf erleichtert und beschleunigt.

Diese Mitarbeit der Muskulatur an der Überwindung der dem Blutkreislauf entgegenstehenden Widerstände hat gleichzeitig eine Entlastung des Herzens zur Folge, welches dadurch in den Stand gesetzt wird, sich ausgiebiger und kräftiger zusammenzuziehen und infolgedessen sogar eine etwa bestehende Dilatation zur Rückbildung zu bringen. Die von fast sämtlichen Beobachtern konstatierte günstige Einwirkung von faradischen bezw. Wechselstrombädern bei Herzerkrankungen läßt sich hierdurch ungezwungen erklären.

In gleicher Weise erklärt sich auch die dem faradischen Strome stets nachgerühmte „erfrischende“ und „belebende“ Wirkung durch die, aus der Beschleunigung des Blutkreislaufes resultierende stärkere Durchblutung und bessere Ernährung des Zentralnervensystems.

Auch für die Fortschaffung pathologischer Stoffwechselprodukte setzt die Beseitigung eventueller Kreislaufstörungen günstigere Bedingungen.

Ob die absolute Größe der Blutfüllung in dem vom faradischen Strom durchflossenen Gebiete im Sinne einer Steigerung beeinflußt wird, oder ob sie auf dem gleichen oder etwas niederen Niveau als bei Beginn der elektrischen Prozedur stehen bleibt, ist für den therapeutischen Erfolg nicht von so wesentlicher Bedeutung.

Die Bedeutung der faradischen Ströme für die Therapie wird auch noch dadurch erhöht, daß, wie wir oben ausführlicher geschildert haben, nach den Untersuchungen von Mann (l. c.) auch

den faradischen Strömen eine erregbarkeits-umstimmende Wirkung zukommt, insofern als durch eine regelmäßige Faradisation nicht nur eine vorübergehende, sondern eine dauernde Erregbarkeitssteigerung der behandelten Muskeln hervorgerufen werden kann. Diese Tatsache ist von besonderer Bedeutung für die Behandlung von Lähmungen, da die Steigerung der Erregbarkeit der Muskulatur sich auf alle adäquaten Reize erstreckt, und somit eine dauernde Besserung auch der willkürlichen Beweglichkeit zur Folge hat.

Des weitern haben wir schon oben gesehen, daß durch die Erregung von Kontraktionen eine passive Gymnastik einzelner Muskelgruppen ermöglicht wird, wodurch bei vorübergehender Lähmung oder längerer Ruhigstellung der Muskulatur einer Atrophie derselben vorgebeugt werden kann.

Nachdem wir im vorhergehenden einen Überblick gewonnen haben über die Veränderungen der Blutverteilung durch den galvanischen und faradischen Strom, wollen wir jetzt dazu übergehen, den Einfluß elektrischer Ströme auf Respirations- und Pulsfrequenz, auf Blutdruck und faradokutane Sensibilität näher zu untersuchen.

Wie schon oben erwähnt, habe ich die diesbezüglichen Untersuchungen in 40 Fällen vor und nach Aufnahme der plethysmographischen Kurven vorgenommen, und finden sich die Resultate in den nachfolgenden Tabellen verzeichnet.

Die Messungen des Blutdruckes sind, wie gesagt, mittels des Sphygmomanometers nach Riva-Rocci je am rechten und linken Arm vorgenommen.

Die Prüfungen der faradokutanen Sensibilität (ebenfalls je am rechten und linken Arm) wurden mit der von Erb für diesen Zweck angegebenen besonderen Metallelektrode ausgeführt, und zwar in der Weise, daß die Elektrode in der Mitte des Oberarmes am äußeren Rande des Musculus biceps außerhalb des Armbades aufgesetzt wurde, so daß eine Veränderung der Hautbeschaffenheit durch die direkte Wirkung des Armbades ausgeschlossen erschien. Selbstverständlich fand die Prüfung vor und nach Applikation der elektrischen Ströme an genau derselben, mit dem Dermatographen umschriebenen Hautstelle statt.

Auf den folgenden Tabellen sind bei den Applikationen des galvanischen Stromes außer Stromstärke und Spannung auch die durch Berechnung gefundenen Werte für den elektrischen Widerstand angegeben.

Nr. 1. Datum: 8. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 12.

Name: Franz W. — Alter: 28 J.

Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung:	Stromart:
r. Arm im Plethysmographen — / l. Arm in der Zellenwanne +	Galvan.

M.-A.: 6, Volt: 5,5, Ohm: 916.

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	19	Respiration	19	XVII
II	72	Puls	72	XVI
III	123 mm Hg.	Blutdruck r. (—)	105 mm Hg.	XV
IV	123 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (+)	104 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	187 mm R.-A.	Faradokut. / Sensibilität: r. (—) / l. (+)	164 mm R.-A.	XIII
VI	186 „ „		157 „ „	XII
VII	33,7° C.	Wasser-Temperatur: Plethysmogr. / Wanne	33,4° C.	XI
VIII	35° „		34° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 2. Datum: 9. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 13.

Name: Franz W. — Alter: 28 J.

Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung:	Stromart:
r. Arm im Pletnysmographen + / l. Arm in der Zellenwanne —	Galvan.

M.-A.: 6, Volt: 5,5, Ohm: 916.

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	20	Respiration	21	XVII
II	72	Puls	72	XVI
III	122 mm Hg.	Blutdruck r. (+)	118 mm Hg.	XV
IV	122 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (—)	118 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	165 mm R.-A.	Faradokut. / Sensibilität: r. (+) / l. (—)	145 mm R.-A.	XIII
VI	177 „ „		150 „ „	XII
VII	34,8° C.	Wasser-Temperatur: Plethysmogr. / Wanne	33,4° C.	XI
VIII	37° „		35,5° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 3. Datum: 9. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 14.

Name: Rudolf H. — Alter: 22 J. — Stand: stud. med.

Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung:	Stromart:
r. Arm im Plethysmographen — l. Arm in der Zellenwanne +	Galvan.

M.-A.: 12, Volt: 8, Ohm: 666.

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	22	Respiration	20	XVII
II	72	Puls	60	XVI
III	125 mm Hg.	Blutdruck r. (—)	125 mm Hg.	XV
IV	140 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (+)	135 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	190 mm R.-A.	Faradokut. Sensibilität r. (—) l. (+)	276 mm R.-A.	XIII
VI	196 „ „		256 „ „	XII
VII	35,7° C.	Wasser-Temperatur Plethysmogr. Wanne	33,8° C.	XI
VIII	37° „		35,5° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 4. Datum: 10. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 15.

Name: Franz W. — Alter: 28 J.

Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung:	Stromart:
r. Arm im Plethysmographen — l. Arm in der Zellenwanne +	Galvan.

M.-A.: 12, Volt: 9,6, Ohm: 800.

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	21	Respiration	19	XVII
II	78	Puls	72	XVI
III	118 mm Hg.	Blutdruck r. (—)	123 mm Hg.	XV
IV	118 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (+)	123 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	180 mm R.-A.	Faradokut. Sensibilität r. (—) l. (+)	165 mm R.-A.	XIII
VI	172 „ „		162 „ „	XII
VII	35,9° C.	Wasser-Temperatur Plethysmogr. Wanne	33,4° C.	XI
VIII	35,5° „		33,5° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 5. Datum: 10. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 16.

Name: Rudolf H. — Alter: 22 J. — Stand: stud. med.

Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung:	Stromart:
r. Arm im Plethysmographen +	Galvan.
l. Arm in der Zellenwanne —	

M.-A.: 12, Volt: 9, Ohm: 750.

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	19	Respiration	18	XVII
II	60	Puls	51	XVI
III	120 mm Hg.	Blutdruck r. (+)	115 mm Hg.	XV
IV	118 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (—)	112 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	225 mm R.-A.	Faradokut. r. (+)	250 mm R.-A.	XIII
VI	250 „ „	Sensibilität l. (—)	252 „ „	XII
VII	34° C.	Wasser- Plethysmogr.	32,4° C.	XI
VIII	36,5° „	Temperatur Wanne	35° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 6. Datum: 11. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 17.

Name: Franz W. — Alter: 28 J.

Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung:	Stromart:
r. Arm im Plethysmographen +	Galvan.
l. Arm in der Zellenwanne —	

M.-A.: 12, Volt: 9,6, Ohm: 800.

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	21	Respiration	18	XVII
II	78	Puls	72	XVI
III	115 mm Hg.	Blutdruck r. (+)	115 mm Hg.	XV
IV	113 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (—)	113 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	190 mm R.-A.	Faradokut. r. (+)	185 mm R.-A.	XIII
VI	182 „ „	Sensibilität l. (—)	185 „ „	XII
VII	35,8° C.	Wasser- Plethysmogr.	34° C.	XI
VIII	36° „	Temperatur Wanne	34,5° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 7. Datum: 11. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 18.

Name: Rudolf H. — Alter: 22 J. — Stand: stud. med.

Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung:	Stromart:
r. Arm im Plethysmographen — / l. Arm in der Zellenwanne +	Galvan.

M.-A.: 20, Volt: 12,8, Ohm: 640.

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	19	Respiration	18	XVII
II	66	Puls	66	XVI
III	135 mm Hg.	Blutdruck r. (—)	125 mm Hg.	XV
IV	123 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (+)	110 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	205 mm R.-A.	Faradokut. / Sensibilität: r. (—)	235 mm R.-A.	XIII
VI	253 „ „	Sensibilität: l. (+)	269 „ „	XII
VII	35° C.	Wasser-Temperatur: Plethysmogr.	33,4° C.	XI
VIII	37° „	Wasser-Temperatur: Wanne	35,3° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 8. Datum: 12. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 19.

Name: Franz W. — Alter: 28 J.

Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung:	Stromart:
r. Arm im Plethysmographen — / l. Arm in der Zellenwanne +	Galvan.

M.-A.: 20, Volt: 16, Ohm: 800.

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	23	Respiration	21	XVII
II	75	Puls	75	XVI
III	118 mm Hg.	Blutdruck r. (—)	118 mm Hg.	XV
IV	115 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (+)	118 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	173 mm R.-A.	Faradokut. / Sensibilität: r. (—)	150 mm R.-A.	XIII
VI	165 „ „	Sensibilität: l. (+)	185 „ „	XII
VII	33,8° C.	Wasser-Temperatur: Plethysmogr.	32,9° C.	XI
VIII	36° „	Wasser-Temperatur: Wanne	34° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 9. Datum: 12. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 20.

Name: Gerhardt Schw. — Alter: 21 J. — Stand: stud. med.

Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung:	Stromart:
r. Arm im Plethysmographen +	Galvan.
l. Arm in der Zellenwanne —	

M.-A.: 12, Volt: 10, Ohm: 833.

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	14	Respiration	14	XVII
II	78	Puls	78	XVI
III	135 mm Hg.	Blutdruck r. (+)	125 mm Hg.	XV
IV	130 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (—)	130 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	185 mm R.-A.	Faradokut. r. (+)	200 mm R.-A.	XIII
VI	245 „ „	Sensibilität l. (—)	210 „ „	XII
VII	34,4° C.	Wasser- Plethysmogr.	33° C.	XI
VIII	36° „	Temperatur Wanne	34,5° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 10. Datum: 14. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 21.

Name: Franz W. — Alter: 28 J.

Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung:	Stromart:
r. Arm im Plethysmographen +	Galvan.
l. Arm in der Zellenwanne —	

M.-A.: 20, Volt: 15,4, Ohm: 770.

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	22	Respiration	20	XVII
II	84	Puls	84	XVI
III	121 mm Hg.	Blutdruck r. (+)	116 mm Hg.	XV
IV	128 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (—)	120 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	180 mm R.-A.	Faradokut. r. (+)	170 mm R.-A.	XIII
VI	172 „ „	Sensibilität l. (—)	160 „ „	XII
VII	35,2° C.	Wasser- Plethysmogr.	33,3° C.	XI
VIII	36° „	Temperatur Wanne	34° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 11. Datum: 14. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 22.

Name: Gerhardt Schw. — Alter: 21 J. — Stand: stud. med.
Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung:	Stromart:
r. Arm im Plethysmographen — l. Arm in der Zellenwanne +	Galvan.

M.-A.: 12, Volt: 10, Ohm: 833.

Vor		(dem Plethysmogramm)		Nach	
I	16	Respiration		16	XVII
II	72	Puls		62	XVI
III	120 mm Hg.	Blutdruck r. (—)		125 mm Hg.	XV
IV	120 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (+)		125 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	210 mm R.-A.	Faradokut. Sensibilität	r. (—) l. (+)	190 mm R.-A.	XIII
VI	182 „ „			195 „ „	XII
VII	35° C.	Wasser-Temperatur	Plethysmogr. Wanne	33,8° C.	XI
VIII	36° „			34,5° „	X
IX	Plethysmogramm				

Nr. 12. Datum: 15. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 24.

Name: Gerhardt Schw. — Alter: 21 J. — Stand: stud. med.
Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung:	Stromart:
r. Arm im Plethysmographen — l. Arm in der Zellenwanne +	Galvan.

M.-A.: 6, Volt: 6, Ohm 1000.

Vor		(dem Plethysmogramm)		Nach	
I	16	Respiration		15	XVII
II	72	Puls		66	XVI
III	122 mm Hg.	Blutdruck r. (—)		127 mm Hg.	XV
IV	122 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (+)		127 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	180 mm R.-A.	Faradokut. Sensibilität	r. (—) l. (+)	210 mm R.-A.	XIII
VI	212 „ „			202 „ „	XII
VII	35,4° C.	Wasser-Temperatur	Plethysmogr. Wanne	34,3° C.	XI
VIII	36,5° „			35,5° „	X
IX	Plethysmogramm				

Nr. 13. Datum: 16. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 26.

Name: Gerhardt Schw. — Alter: 21 J. — Stand: stud. med.
Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung: Stromart:

r. Arm im Plethysmographen +
l. Arm in der Zellenwanne − } Galvan.

M.-A.: 6, Volt: 6, Ohm: 1000.

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	18	Respiration	18	XVII
II	72	Puls	66	XVI
III	128 mm Hg.	Blutdruck r. (+)	128 mm Hg.	XV
IV	128 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (−)	128 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	205 mm R.-A.	Faradokut. r. (+)	210 mm R.-A.	XIII
VI	205 „ „	Sensibilität l. (−)	209 „ „	XII
VII	34,2° C.	Wasser- Plethysmogr.	33,2° C.	XI
VIII	37° „	Temperatur Wanne	36° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 14. Datum: 16. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 27.

Name: Rudolf H. — Alter: 22 J. — Stand: stud. med.
Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung: Stromart:

r. Arm im Plethysmographen +
l. Arm in der Zellenwanne − } Galvan.

M.-A.: 20, Volt: 14, Ohm: 700.
„ 20, „ 13, „ 650 (Stromwendung)

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	22	Respiration	21	XVII
II	78	Puls	60	XVI
III	122 mm Hg.	Blutdruck r. (±)	122 mm Hg.	XV
IV	127 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (∓)	122 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	190 mm R.-A.	Faradokut. r. (±)	218 mm R.-A.	XIII
VI	202 „ „	Sensibilität l. (∓)	218 „ „	XII
VII	37,8° C.	Wasser- Plethysmogr.	35° C.	XI
VIII	39° „	Temperatur Wanne	36,5° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 15. Datum: 17. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 30.

Name: Rudolf M. — Alter: 23 J.

Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung:	Stromart:
r. Arm im Plethysmographen — l. Arm in der Zellenwanne +	Galvan.

M.-A.: 6, Volt: 5, Ohm: 833.

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	12	Respiration	12	XVII
II	78	Puls	78	XVI
III	130 mm Hg.	Blutdruck r. (—)	135 mm Hg.	XV
IV	138 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (+)	140 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	180 mm R.-A.	Faradokut. / Sensibilität: r. (—)	192 mm R.-A.	XIII
VI	190 „ „	Sensibilität: l. (+)	190 „ „	XII
VII	34,7° C.	Wasser- / Temperatur: Plethysmogr.	34° C.	XI
VIII	37° „	Wasser- / Temperatur: Wanne	36° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 16. Datum: 18. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 31.

Name: Hans B. — Alter: 20 J. — Stand: stud. med.

Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung:	Stromart:
r. Arm im Plethysmographen — l. Arm in der Zellenwanne +	Galvan.

M.-A.: 10, Volt: 9,5, Ohm: 950.

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	18	Respiration	17	XVII
II	66	Puls	60	XVI
III	143 mm Hg.	Blutdruck r. (—)	138 mm Hg.	XV
IV	143 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (+)	138 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	224 mm R.-A.	Faradokut. / Sensibilität: r. (—)	215 mm R.-A.	XIII
VI	213 „ „	Sensibilität: l. (+)	195 „ „	XII
VII	36,2° C.	Wasser- / Temperatur: Plethysmogr.	34,8° C.	XI
VIII	36° „	Wasser- / Temperatur: Wanne	35° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 17. Datum: 18. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 32.

Name: Rudolf M. — Alter: 23 J.

Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung: Stromart:

r. Arm im Plethysmographen + } Galvan.
l. Arm in der Zellenwanne — }

M.-A.: 6, Volt: 6,5, Ohm: 1083.

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	13	Respiration	12	XVII
II	66	Puls	66	XVI
III	135 mm Hg.	Blutdruck r. (+)	128 mm Hg.	XV
IV	133 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (—)	128 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	210 mm R.-A.	Faradokut. } r. (+)	225 mm R.-A.	XIII
VI	200 „ „	Sensibilität } l. (—)	235 „ „	XII
VII	34,6° C.	Wasser- } Plethysmogr.	33,1° C.	XI
VIII	37,5° „	Temperatur } Wanne	36° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 18. Datum: 19. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 33.

Name: Gerhard Schö. — Alter: 20 J. — Stand: stud. chem.

Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung: Stromart:

r. Arm im Plethysmographen + } Galvan.
l. Arm in der Zellenwanne — }

M.-A.: 8, Volt: 8, Ohm: 1000.

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	14	Respiration	14	XVII
II	84	Puls	72	XVI
III	133 mm Hg.	Blutdruck r. (+)	133 mm Hg.	XV
IV	133 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (—)	133 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	203 mm R.-A.	Faradokut. } r. (+)	215 mm R.-A.	XIII
VI	218 „ „	Sensibilität } l. (—)	235 „ „	XII
VII	33,2° C.	Wasser- } Plethysmogr.	30,1° C.	XI
VIII	36° „	Temperatur } Wanne	33,5° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 19. Datum: 21. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 35.

Name: Gerhard Schö. — Alter: 20 J. — Stand: stud. chem.
Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung:	Stromart:
r. Arm im Plethysmographen — / l. Arm in der Zellenwanne +	Galvan.

M.-A.: 8, Volt: 7,6, Ohm: 950.

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	16	Respiration	16	XVII
II	76	Puls	72	XVI
III	135 mm Hg.	Blutdruck r. (—)	130 mm Hg.	XV
IV	135 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (+)	130 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	195 mm R.-A.	Faradokut. / Sensibilität: r. (—)	235 mm R.-A.	XIII
VI	190 „ „	Sensibilität: l. (+)	200 „ „	XII
VII	34° C.	Wasser-Temperatur: Plethysmogr.	32,4° C.	XI
VIII	36° „	Wasser-Temperatur: Wanne	35° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 20. Datum: 22. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 39.

Name: Werner B. — Alter 19 J. — Stand: stud. jur.
Bemerkungen: Nervensystem leicht erregbar, Gefäßsystem normal.

Schaltung:	Stromart:
r. Arm im Plethysmographen — / l. Arm in der Zellenwanne +	Galvan.

M.-A. 12, Volt: 11, Ohm: 916.

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	18	Respiration	18	XVII
II	52	Puls	48	XVI
III	136 mm Hg.	Blutdruck r. (—)	132 mm Hg.	XV
IV	136 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (+)	132 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	205 mm R.-A.	Faradokut. / Sensibilität: r. (—)	228 mm R.-A.	XIII
VI	210 „ „	Sensibilität: l. (+)	240 „ „	XII
VII	32,8° C.	Wasser-Temperatur: Plethysmogr.	30,8° C.	XI
VIII	35,6° „	Wasser-Temperatur: Wanne	34,6° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 21. Datum: 23. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 41.

Name: Werner B. — Alter: 19 J. — Stand: stud. jur.

Bemerkungen: Nervensystem leicht erregbar, Gefäßsystem normal.

Schaltung:	Stromart:
r. Arm im Plethysmographen + / l. Arm in der Zellenwanne −	Galvan.

M.-A.: 12, Volt: 10, Ohm: 833.

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	21	Respiration	22	XVII
II	60	Puls	60	XVI
III	134 mm Hg.	Blutdruck r. (+)	134 mm Hg.	XV
IV	134 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (−)	134 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	185 mm R.-A.	Faradokut. / Sensibilität: r. (+)	215 mm R.-A.	XIII
VI	195 „ „	Sensibilität: l. (−)	210 „ „	XII
VII	33,8° C.	Wasser-Temperatur: Plethysmogr.	30° C.	XI
VIII	35,5° „	Wasser-Temperatur: Wanne	33° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 22. Datum: 16. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 25.

Name: Franz W. — Alter: 28 J.

Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung:	Stromart:
r. Arm im Plethysmographen − / l. Arm in der Zellenwanne +	Farad.

M.-A.: —, Volt: —, Ohm: —, R.-A.: 120 mm

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	21	Respiration	20	XVII
II	76	Puls	72	XVI
III	118 mm Hg.	Blutdruck r. (−)	112 mm Hg.	XV
IV	115 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (+)	112 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	160 mm R.-A.	Faradokut. / Sensibilität: r. (−)	165 mm R.-A.	XIII
VI	180 „ „	Sensibilität: l. (+)	165 „ „	XII
VII	34° C.	Wasser-Temperatur: Plethysmogr.	33,3° C.	XI
VIII	36° „	Wasser-Temperatur: Wanne	35° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 23. Datum: 17. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 28.

Name: Gerhardt Schw. — Alter: 21 J. — Stand: stud. med.
Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung:	Stromart:
r. Arm im Plethysmographen +	Farad.
l. Arm in der Zellenwanne —	

M.-A.: —, Volt: —, Ohm: —, R.-A.: 120 mm

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	16	Respiration	19	XVII
II	72	Puls	72	XVI
III	127 mm Hg.	Blutdruck r. (+)	123 mm Hg.	XV
IV	127 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (—)	123 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	186 mm R.-A.	Faradokut. / Sensibilität: r. (+)	205 mm R.-A.	XIII
VI	190 „ „	Sensibilität: l. (—)	190 „ „	XII
VII	33° C.	Wasser-Temperatur: Plethysmogr.	30,8° C.	XI
VIII	36,5° „	Wasser-Temperatur: Wanne	33,5° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 24. Datum: 17. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 29.

Name: Rudolf H. — Alter: 22 J. — Stand: stud. med.
Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung:	Stromart:
r. Arm im Plethysmographen —	Farad.
l. Arm in der Zellenwanne +	

M.-A.: —, Volt: —, Ohm: —, R.-A.: 120 mm

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	20	Respiration	20	XVII
II	60	Puls	60	XVI
III	124 mm Hg.	Blutdruck r. (—)	129 mm Hg.	XV
IV	124 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (+)	129 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	210 mm R.-A.	Faradokut. / Sensibilität: r. (—)	230 mm R.-A.	XIII
VI	215 „ „	Sensibilität: l. (+)	225 „ „	XII
VII	31,8° C.	Wasser-Temperatur: Plethysmogr.	31,1° C.	XI
VIII	35° „	Wasser-Temperatur: Wanne	34,5° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 25. Datum: 19. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 34.

Name: Hans B. — Alter: 20 J. — Stand: stud. med.

Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung:	Stromart:
r. Arm im Plethysmographen + / l. Arm in der Zellenwanne −	Farad.

M.-A.: —, Volt: —, Ohm: —, R.-A.: 120 mm

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	18	Respiration	18	XVII
II	78	Puls	68	XVI
III	140 mm Hg.	Blutdruck r. (+)	136 mm Hg.	XV
IV	140 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (—)	136 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	230 mm R.-A.	Faradokut. / Sensibilität: r. (+) / l. (—)	230 mm R.-A.	XIII
VI	220 „ „		230 „ „	XII
VII	34,2° C.	Wasser-Temperatur: Plethysmogr. / Wanne	32,5° C.	XI
VIII	35,5° „		34° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 26. Datum: 21. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 36.

Name: Hans B. — Alter: 20 J. — Stand: stud. med.

Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung:	Stromart:
r. Arm im Plethysmographen — / l. Arm in der Zellenwanne +	Farad.

M.-A.: —, Volt: —, Ohm: —, R.-A.: 120 mm

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	18	Respiration	18	XVII
II	60	Puls	60	XVI
III	133 mm Hg.	Blutdruck r. (—)	133 mm Hg.	XV
IV	133 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (+)	133 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	195 mm R.-A.	Faradokut. / Sensibilität: r. (—) / l. (+)	205 mm R.-A.	XIII
VI	225 „ „		190 „ „	XII
VII	33,8° C.	Wasser-Temperatur: Plethysmogr. / Wanne	32° C.	XI
VIII	36° „		34,5° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 27. Datum: 21. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 37.

Name: Rudolf M. — Alter: 23 J.

Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung:	Stromart:
r. Arm im Plethysmographen —	Farad.
l. Arm in der Zellenwanne +	

M.-A.: —, Volt: —, Ohm: —, R.-A.: 120 mm

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	13	Respiration	13	XVII
II	80	Puls	72	XVI
III	138 mm Hg.	Blutdruck r. (—)	138 mm Hg.	XV
IV	135 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (+)	135 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	180 mm R.-A.	Faradokut. r. (—)	200 mm R.-A.	XIII
VI	185 „ „	Sensibilität l. (+)	185 „ „	XII
VII	33,8° C.	Wasser- Plethysmogr.	33,4° C.	XI
VIII	36° „	Temperatur Wanne	35° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 28. Datum: 22. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 38.

Name: Rudolf M. — Alter: 23 J.

Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung:	Stromart:
r. Arm im Plethysmographen +	Farad.
l. Arm in der Zellenwanne —	

M.-A.: —, Volt: —, Ohm: —, R.-A.: 120 mm

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	15	Respiration	13	XVII
II	66	Puls	66	XVI
III	135 mm Hg.	Blutdruck r. (+)	132 mm Hg.	XV
IV	136 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (—)	132 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	170 mm R.-A.	Faradokut. r. (+)	155 mm R.-A.	XIII
VI	175 „ „	Sensibilität l. (—)	160 „ „	XII
VII	34,2° C.	Wasser- Plethysmogr.	33,2° C.	XI
VIII	36° „	Temperatur Wanne	35° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 29. Datum: 23. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 40.

Name: Hans B. — Alter: 20 J. — Stand: stud. med.

Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung: Stromart:

r. Arm im Plethysmographen — } Farad.
l. Arm in der Zellenwanne + }

M.-A.: —, Volt: —, Ohm: —, R.-A.: 120 mm

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	16	Respiration	16	XVII
II	64	Puls	60	XVI
III	137 mm Hg.	Blutdruck r. (—)	135 mm Hg.	XV
IV	135 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (+)	135 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	193 mm R.-A.	Faradokut. r. (—)	250 mm R.-A.	XIII
VI	193 „ „	Sensibilität l. (+)	265 „ „	XII
VII	33,4° C.	Wasser- Plethysmogr.	30,9° C.	XI
VIII	36,5° „	Temperatur Wanne	34,5° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 30. Datum: 24. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 42.

Name: Gerhard Schö. — Alter: 20 J. — Stand: stud. chem.

Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung: Stromart:

r. Arm im Plethysmographen — } Farad.
l. Arm in der Zellenwanne + }

M.-A.: —, Volt: —, Ohm: —, R.-A.: 125 mm

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	17	Respiration	15	XVII
II	84	Puls	78	XVI
III	132 mm Hg.	Blutdruck r. (—)	126 mm Hg.	XV
IV	130 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (+)	126 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	175 mm R.-A.	Faradokut. r. (—)	230 mm R.-A.	XIII
VI	185 „ „	Sensibilität l. (+)	205 „ „	XII
VII	33° C.	Wasser- Plethysmogr.	30,6° C.	XI
VIII	35,7° „	Temperatur Wanne	33,5° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 31. Datum: 24. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 43.

Name: Rolf J. — Alter: 21 J. — Stand: stud. jur.
Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung:	Stromart:
r. Arm im Plethysmographen — / l. Arm in der Zellenwanne +	Farad.

M.-A.: —, Volt: —, Ohm: —, R.-A.: 125 mm

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	15	Respiration	15	XVII
II	60	Puls	54	XVI
III	122 mm Hg.	Blutdruck r. (—)	110 mm Hg.	XV
IV	120 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (+)	115 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	190 mm R.-A.	Faradokut. / Sensibilität: r. (—)	212 mm R.-A.	XIII
VI	205 „ „	Sensibilität: l. (+)	205 „ „	XII
VII	35,2° C.	Wasser-Temperatur: Plethysmogr.	32,2° C.	XI
VIII	36° „	Wasser-Temperatur: Wanne	34,5° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 32. Datum: 25. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 44/45.

Name: Hans B. — Alter: 20 J. — Stand: stud. med.
Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung:	Stromart:
r. Arm im Plethysmographen — / l. Arm in der Zellenwanne +	Farad.

M.-A.: —, Volt: —, Ohm: —, R.-A.: 125 mm
„ —, „ —, (Stromwendung) „ 125 „

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	18	Respiration	16	XVII
II	78	Puls	72	XVI
III	130 mm Hg.	Blutdruck r. (∓)	130 mm Hg.	XV
IV	126 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (±)	130 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	215 mm R.-A.	Faradokut. / Sensibilität: r. (∓)	243 mm R.-A.	XIII
VI	215 „ „	Sensibilität: l. (±)	225 „ „	XII
VII	36° C.	Wasser-Temperatur: Plethysmogr.	31,5° C.	XI
VIII	37° „	Wasser-Temperatur: Wanne	35° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 33. Datum: 25. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 46.

Name: Kurt R. — Alter: 20 J. — Stand: stud. jur.

Bemerkungen: Nervensystem: leicht erregbar, Gefäßsystem: nervöses Herzklopfen.

Schaltung: Stromart:

r. Arm im Plethysmographen — } Farad.
l. Arm in der Zellenwanne + }

M.-A.: —, Volt: —, Ohm: —, R.-A.: 125 mm

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	20	Respiration	18	XVII
II	78	Puls	66	XVI
III	136 mm Hg.	Blutdruck r. (—)	130 mm Hg.	XV
IV	136 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (+)	130 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	200 mm R.-A.	Faradokut. r. (—)	200 mm R.-A.	XIII
VI	205 „ „	Sensibilität l. (+)	225 „ „	XII
VII	36,4° C.	Wasser- Plethysmogr.	33,8° C.	XI
VIII	36,5° „	Temperatur Wanne	35,3° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 34. Datum: 30. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 56.

Name: Arnold S. — Alter: 19 J. — Stand: stud. jur.

Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung: Stromart:

r. Arm im Plethysmographen — } Farad.
l. Arm in der Zellenwanne + }

M.-A.: —, Volt: —, Ohm: —, R.-A.: 125 mm
„ —, „ —, „ —, „ 140 „

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	19	Respiration	22	XVII
II	76	Puls	76	XVI
III	130 mm Hg.	Blutdruck r. (—)	125 mm Hg.	XV
IV	130 „ „ (ins Bad)	„ „ l. (+)	123 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	205 mm R.-A.	Faradokut. r. (—)	235 mm R.-A.	XIII
VI	195 „ „	Sensibilität l. (+)	205 „ „	XII
VII	36,2° C.	Wasser- Plethysmogr.	33,2° C.	XI
VIII	36,8° „	Temperatur Wanne	35,3° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 85. Datum: 26. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 48.

Name: Hans B. — Alter: 20 J. — Stand: stud. med.

Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung:	Stromart:
r. Arm im Plethysmographen 0 l. Arm in der Zellenwanne 0	Ohne Strom.

M.-A.: —, Volt: —, Ohm: —, R.-A.: —

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	16	Respiration	18	XVII
II	66	Puls	60	XVI
III	123 mm Hg.	Blutdruck r.	134 mm Hg.	XV
IV	123 „ „ (ins Bad)	„ „ l.	130 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	180 mm R.-A.	Faradokut. r.	240 mm R.-A.	XIII
VI	185 „ „	Sensibilität l.	200 „ „	XII
VII	37,2° C.	Wasser- Plethysmogr.	35° C.	XI
VIII	36° „	Temperatur Wanne	35° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 86. Datum: 29. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 53.

Name: Gerhard Schö. — Alter: 20 J. — Stand: stud. chem.

Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung:	Stromart:
r. Arm im Plethysmographen 0 l. Arm in der Zellenwanne 0	Ohne Strom.

M.-A.: —, Volt: —, Ohm: —, R.-A.: —

	Vor	(dem Plethysmogramm)	Nach	
I	16	Respiration	17	XVII
II	84	Puls	76	XVI
III	128 mm Hg.	Blutdruck r.	128 mm Hg.	XV
IV	128 „ „ (ins Bad)	„ „ l.	128 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	183 mm R.-A.	Faradokut. r.	235 mm R.-A.	XIII
VI	185 „ „	Sensibilität l.	203 „ „	XII
VII	35,6° C.	Wasser- Plethysmogr.	34,2° C.	XI
VIII	36° „	Temperatur Wanne	35° „	X
IX	Plethysmogramm			

Nr. 37. Datum: 29. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 54.

Name: Fritz H. — Alter: 20 J. — Stand: stud. jur.

Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung:	Stromart:
r. Arm im Plethysmographen 0 l. Arm in der Zellenwanne 0	Ohne Strom.

M.-A.: —, Volt: —, Ohm: —, R.-A.: —

	Vor	(dem Plethysmogramm)		Nach	
I	20	Respiration		16	XVII
II	76	Puls		76	XVI
III	132 mm Hg.	Blutdruck r.		132 mm Hg.	XV
IV	132 „ „ (ins Bad)	„ „ l.		132 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	200 mm R.-A.	Faradokut.	r.	210 mm R.-A.	XIII
VI	180 „ „	Sensibilität	l.	200 „ „	XII
VII	36,5° C.	Wasser-	Plethysmogr.	35,4° C.	XI
VIII	35,5° „	Temperatur	Wanne	34,6° „	X
IX	Plethysmogramm				

Nr. 38. Datum: 30. I. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 55.

Name: Kurt R. — Alter: 20 J. — Stand: stud. jur.

Bemerkungen: Nervensystem: leicht erregbar, Gefäßsystem: nervöses Herzklopfen.

Schaltung:	Stromart:
r. Arm im Plethysmographen 0 l. Arm in der Zellenwanne 0	Ohne Strom.

M.-A.: —, Volt: —, Ohm: —, R.-A.: —

	Vor	(dem Plethysmogramm)		Nach	
I	20	Respiration		15	XVII
II	68	Puls		66	XVI
III	133 mm Hg.	Blutdruck r.		133 mm Hg.	XV
IV	133 „ „ (ins Bad)	„ „ l.		133 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	180 mm R.-A.	Faradokut.	r.	200 mm R.-A.	XIII
VI	195 „ „	Sensibilität	l.	212 „ „	XII
VII	34° C.	Wasser-	Plethysmogr.	32° C.	XI
VIII	35,5° „	Temperatur	Wanne	34° „	X
IX	Plethysmogramm				

Nr. 39. Datum: 4. II. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 59.

Name: Rudolf H. — Alter: 22 J. — Stand: stud. med.

Bemerkungen: Nervensystem, Gefäßsystem normal.

Schaltung:	Stromart:
r. Arm im Plethysmographen 0 l. Arm in der Zellenwanne 0	Ohne Strom.

M.-A.: —, Volt: —, Ohm: —, R.-A.: —

	Vor	(dem Plethysmogramm)		Nach	
I	18	Respiration		18	XVII
II	68	Puls		68	XVI
III	125 mm Hg.	Blutdruck r.		125 mm Hg.	XV
IV	125 „ „ (ins Bad)	„ „ l.		125 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	208 mm R.-A.	Faradokut. Sensibilität	r.	208 mm R.-A.	XIII
VI	235 „ „		l.	240 „ „	XII
VII	35,2° C.	Wasser-Temperatur	Plethysmogr.	32,8° C.	XI
VIII	35,5° „		Wanne	34,5° „	X
IX	Plethysmogramm				

Nr. 40. Datum: 5. II. 07. — Versuch (Kurve) Nr. 61.

Name: Werner B. — Alter: 19 J. — Stand: stud. jur.

Bemerkungen: Nervensystem: leicht erregbar, Gefäßsystem: normal.

Schaltung:	Stromart:
r. Arm im Plethysmographen 0 l. Arm in der Zellenwanne 0	Ohne Strom.

M.-A.: —, Volt: —, Ohm: —, R.-A.: —

	Vor	(dem Plethysmogramm)		Nach	
I	17	Respiration		18	XVII
II	60	Puls		60	XVI
III	127 mm Hg.	Blutdruck r.		125 mm Hg.	XV
IV	127 „ „ (ins Bad)	„ „ l.		125 „ „ (aus dem Bad)	XIV
V	205 mm R.-A.	Faradokut. Sensibilität	r.	230 mm R.-A.	XIII
VI	205 „ „		l.	230 „ „	XII
VII	33,8° C.	Wasser-Temperatur	Plethysmogr.	32,4° C.	XI
VIII	36° „		Wanne	35° „	X
IX	Plethysmogramm				

Um den Vergleich der vorstehend verzeichneten Resultate zu erleichtern, finden sich dieselben in nachfolgender Tabelle übersichtlich zusammengestellt.

Vergleichende Übersicht.

Die angegebenen Zahlen bedeuten die „Anzahl der Fälle".

		Galvanische Bäder (21)			Faradische Bäder (13)			Bäder ohne elektr. Strom (6)		
	Schaltung	gesteigert	unverändert	herabgesetzt	gesteigert	unverändert	herabgesetzt	gesteigert	unverändert	herabgesetzt
Respiration		2	8	11	2	6	5	3	1	2
Puls		—	9	12	—	5	8	—	3	3
Blutdruck	+	5	6	10	1	4	8	1	4	1
	−	4	6	11	2	2	9	1	4	1
Faradokutane Sensibilität	+	13	1	7	7	3	3	5	1	—
	−	13	—	8	10	2	1	6	—	—

Betrachten wir die Tabellen im einzelnen näher, so sehen wir, daß die Respirationsfrequenz nur unwesentlich beeinflußt wird. Beobachtet wurde eine Steigerung der Frequenz um 1—3, eine Herabsetzung um 1—5 Atemzüge in der Minute. Nach den Applikationen des galvanischen Stromes überwiegt die Verminderung der Frequenz, während nach den faradischen Behandlungen die Anzahl der Atemzüge fast gleichmäßig teils unverändert, teils herabgesetzt ist. Eine Steigerung der Respirationsfrequenz kommt überhaupt nur in so wenigen Fällen vor, daß dieselbe wohl auf zufällige Nebenumstände zurückzuführen und somit außer Betracht zu lassen ist.

Bezüglich der Pulsfrequenz finden wir in der überwiegenden Mehrheit der Fälle eine Herabsetzung um 4—12 Schläge in der Minute, und zwar in gleicher Weise nach Einwirkung des galvanischen wie des faradischen Stromes. Eine Steigerung der Frequenz wurde in keinem einzigen Falle beobachtet.

Diese Beobachtungen stimmen überein mit den Befunden von Eulenburg, Lehr und Franze, von welchen der erste, wie wir oben gesehen haben, die Verlangsamung der Pulsfrequenz auf die hautreizende Wirkung der elektrischen Ströme zurückführt, durch

welche reflektorisch eine Erregung der Nervi vagi hervorgerufen wird.

Wenn wir nun die Blutdruckmessungen vergleichen, so müssen wir zunächst konstatieren, daß die Verschiedenheit der Stromschaltung nicht von prinzipieller Bedeutung für die Veränderung des Blutdruckes ist, daß sich dagegen Differenzen ergeben, je nachdem galvanischer oder faradischer Strom appliziert wird. Beiden Stromarten und allen Schaltungen gemeinsam ist die überwiegende Anzahl der Fälle, in denen eine Herabsetzung des Blutdruckes sich konstatieren läßt. Wenn wir die Verschiedenheit der Schaltungen als indifferent außer Betracht lassen, und aus der Summe der Beobachtungen unsere Schlußfolgerungen ziehen, so finden wir den Blutdruck

	nach galvanischen	faradischen Bädern
herabgesetzt in ca.	50%	67% der Fälle
unverändert „ „	30%	22% „ „
gesteigert „ „	20%	11% „ „

Aber nicht nur bezüglich ihrer Anzahl, sondern auch hinsichtlich der Größe der Veränderung zeichnen sich die Fälle mit Herabsetzung des Blutdrucks gegenüber den Fällen mit Blutdrucksteigerung aus. So finden wir eine Herabsetzung des Blutdrucks nach galvanischen Bädern um 4—19 mm Hg., nach faradischen Bädern um 2—12 mm Hg.; während die Steigerung des Blutdrucks nach galvanischen und faradischen Bädern nicht mehr als 5 mm Hg. beträgt.

Vergleichen wir unsern Befund mit dem der früher genannten Autoren, so stimmen die Resultate noch am meisten mit denen von de Vries Reilingh überein, während von den anderen Autoren meist Blutdrucksteigerung beobachtet wurde.

Die Ursache nachgewiesener Blutdruckveränderungen zu erklären, ist oft schwer oder unmöglich, da so viele verschiedene Faktoren dabei in Betracht kommen, deren Wert ein wechselnder ist. — Bekanntlich ist der Blutdruck abhängig 1. von der Energie des Herzens, 2. von der Menge und Beschaffenheit (Viskosität) des Blutes, und 3. von der Weite und dem Kontraktionszustand der Gefäße. Eine Herabsetzung des lokalen Blutdrucks kann also in unsern Fällen bedingt sein durch Herabsetzung der Herzkraft oder durch Verminderung der Blutmenge (in dem Gefäßbezirk, in welchem die Blutdruckmessung stattfindet) oder durch Erweiterung

bzw. Entspannung der Gefäße. Praktisch wird fast immer nur der eine oder andere dieser verschiedenen Punkte in Betracht kommen, und außerdem wird noch durch die natürlichen Reguliervorrichtungen des Organismus häufig ein Ausgleich stattfinden. So wird z. B. bei Steigerung der Gefäßspannung in den peripheren Körperteilen eine Herabsetzung des Tonus im Splanchnikusgebiet eintreten und unter Verminderung des Blutgehalts in den peripheren Organen der „Blutdruck" doch der gleiche bleiben. Es ist deshalb auch nicht angängig (wie man es manchmal in der Literatur findet), aus einer Vermehrung oder Verminderung der Blutfüllung in einem peripheren Bezirk ohne weiteres auf eine Steigerung oder Herabsetzung des lokalen Blutdrucks zu schließen.

Bei genauem Vergleich der Resultate unserer 40 Blutdruckmessungen mit den dazugehörigen Plethysmogrammen finden wir die Steigerung bzw. Herabsetzung des Blutdrucks mit der Vermehrung bzw. Verminderung der Blutfüllung

	übereinstimmend	nicht übereinstimmend
nach galvanischen Bädern in	9	12 Fällen
„ faradischen „ „	6	7 „

Aus dieser Zusammenstellung geht auch deutlich hervor, daß außer der Blutfüllung noch andere Faktoren für die Höhe des Blutdrucks nicht nur von Einfluß, sondern sogar von ausschlaggebender Bedeutung sein müssen, da wir, trotzdem der Blutdruck in der Mehrzahl der Fälle herabgesetzt wird, die wenigen Fälle von Blutdrucksteigerung gerade dann konstatieren, wenn die plethysmographische Kurve eine Herabsetzung der Blutfüllung anzeigt. Die Ursache der Blutdruckveränderungen läßt sich somit auch aus dem Resultat unserer Untersuchungen nicht mit Sicherheit erkennen.

Was nun die faradokutane Sensibilität betrifft, so finden wir eine Steigerung derselben in der weitaus überwiegenden Mehrzahl der Fälle, und zwar sehen wir die Steigerung nach Einwirkung des galvanischen Stromes in ganz gleicher Weise auf der Seite der Anode wie der Kathode. Diese Tatsache wird uns nicht überraschen, da die Prüfung der faradokutanen Sensibilität erst eine gewisse Zeit nach Aufhören des elektrischen Stromes vorgenommen werden konnte, und da wir wissen, daß durch das einfache Umschlagen des Elektrotonus auf Seite der Anode und durch den doppelten Wechsel auf Seite der Kathode während einer gewissen

Spanne Zeit nach Unterbrechung des Stromes auf beiden Seiten ein Zustand erhöhter Erregbarkeit vorherrscht.

Während wir somit die Steigerung der faradokutanen Sensibilität nach Einwirkung des galvanischen Stromes aus den Eigenschaften des Elektrotonus ableiten können, lehrt uns doch ein Blick auf unsere Tabelle, daß für diese Steigerung noch andere Faktoren maßgebend sein müssen, da wir dieselbe auch nach Einwirkung des faradischen Stromes und sogar nach den Armbädern ohne Einwirkung des elektrischen Stromes konstatieren können.

Die Steigerung der faradokutanen Sensibilität nach faradischen Bädern wurde, wie wir oben gesehen haben, auch von Lehr nach Einwirkung solcher Bäder in der Zeitdauer von 10—15 Minuten konstatiert, und es kann dieselbe auf die allgemeine erregbarkeitssteigernde Wirkung mäßig starker faradischer Ströme zurückgeführt werden.

Erst bei Steigerung der Stromintensität oder der Dauer der Anwendung über eine gewisse Grenze hinaus haben ja diese Ströme (durch Ermüdung der erregbaren Organe) eine Herabsetzung der Erregbarkeit zur Folge.

Die auffallende Tatsache, daß auch nach den Kontrollbädern (ohne elektrischen Strom) bei 12 Untersuchungen, von denen je 6 am rechten und am linken Arm vorgenommen wurden, 11 mal eine Steigerung und nur einmal ein Gleichbleiben der faradokutanen Sensibilität konstatiert wurde, läßt sich nur darauf zurückführen, daß durch das mäßig warme Armbad die Tätigkeit der Schweißdrüsen der Arme in der Nähe des Bades angeregt wurde; obgleich äußerlich von einer Transpiration nichts zu erkennen war. Infolge der daraus resultierenden größeren Durchfeuchtung der Haut muß natürlich der Widerstand derselben ein geringerer werden und der zur Sensibilitätsprüfung verwendete faradische Strom muß bei gleichem Rollenabstand eine kräftigere Wirkung ausüben, als vor dem Bade. Dieser Umstand ist selbstverständlich auch für die Beurteilung der Sensibilitätssteigerung nach Einwirkung des galvanischen und faradischen Stromes mit in Betracht zu ziehen.

Wenn wir zum Schluß noch die bei unsern 21 galvanischen Bädern aus den Beobachtungen von Stromstärke und Spannung durch Berechnung gefundenen Werte für den elektrischen Widerstand kurz betrachten, so ersehen wir aus unseren Tabellen, daß der Widerstand zwischen 640 Ohm (in einem Falle bei Anwendung von 20 M-A. Stromstärke) und 1083 Ohm (bei 6 M-A.) wechselt.

Das arithmetische Mittel aus sämtlichen gefundenen Werten beträgt 847 Ohm, bezw. für den Widerstand des menschlichen Körpers[1]) 747 Ohm.

Dieser aus sämtlichen Versuchen gefundene Mittelwert für den Körperwiderstand stimmt aber nicht überein mit den verschiedenen Durchschnittszahlen, welche wir erhalten, sobald wir die Resultate je nach der verwendeten Stromstärke bzw. Spannung in Gruppen einteilen.

Bei unseren Versuchen sind hauptsächlich die Stromstärken von 6, 12 und 20 M-A. zur Anwendung gekommen. Vergleichen wir nunmehr das Verhältnis zwischen Stromstärke und Spannung einerseits und Körperwiderstand andererseits, so ergibt sich die interessante Tatsache, daß der Körperwiderstand um so geringer wird, eine je höhere elektromotorische Kraft bzw. Stromstärke zur Anwendung kommt.

So erhalten wir bei einem

Durchschnitt:	M-A.	Volt	Gesamtwiderst.	Körperwiderst.
von 6 Fällen	6	5,75	958 Ohm	858 Ohm
„ 8 „	12	9,65	804 „	704 „
„ 5 „	20	14,24	712 „	612 „

Vorstehendes Resultat stimmt nicht überein mit dem von Schnée (l. c.) gefundenen, nach welchem „der Widerstand beim normalen Menschen während der Applikation des galvanischen Stromes bei beliebiger Spannung: von einer beliebigen Extremität zu einer anderen ca. 1000 Ohm" beträgt. — Während Schnée damit eine konstante Größe des Körperwiderstandes für jede einzelne Person annimmt, die nur durch pathologische Prozesse im Innern des Körpers verändert werden könne, müssen wir nach unseren Beobachtungen vielmehr annehmen, daß die Größe der verwendeten elektromotorischen Kraft einen nicht unerheblichen Einfluß auf die Höhe des Körperwiderstandes ausübt.

Eine Erklärung für diese Veränderlichkeit des Körperwiderstandes findet sich in den oben angeführten Versuchen Leducs[2]),

[1]) Da der Widerstand des in den Hauptstromkreis eingeschalteten Milliampèremeters 100 Ohm beträgt, so ergibt sich, wenn wir den Widerstand der Leitungsdrähte und des Stromwenders als unerheblich vernachlässigen, der Widerstand des menschlichen Körpers aus dem Gesamtwiderstand durch Abzug von 100 Ohm.

[2]) Leduc, „Die Ionen- oder elektrolytische Therapie", Zeitschrift für Elektrotherapie 1904.

nach welchen der Widerstand der menschlichen Haut nicht so sehr von dem Grade der Durchtränkung und Durchblutung abhängig ist, als vielmehr von der Zahl und Beschaffenheit der Ionen, die sie beherbergt, d. h. von ihrer chemischen Zusammensetzung. Da nun die elektrolytische Kraft des galvanischen Stromes mit der Steigerung der elektromotorischen Kraft zunimmt, so ist es klar, daß, bei Eintritt des galvanischen Stromes in den Körper durch eine Kochsalzlösung, ein Strom von ca. 14 Volt und 20 M-A. ceteris paribus eine größere Anzahl von Chlor- bezw. Natriumionen in die Haut einführen, und dadurch den Widerstand mehr herabsetzen muß, als ein Strom von ca. 6 Volt und 6 M-A.

Erst nach vollkommener Sättigung der Haut mit den Ionen der Elektrodenflüssigkeit muß eine gewisse Konstanz des Widerstandes eintreten, und es wird dieser Zeitpunkt bei Anwendung größerer elektromotorischer Kraft schneller erreicht als bei geringerer.

Leduc selbst ist bei seinen Versuchen bezüglich des Körperwiderstandes zu den gleichen Resultaten gekommen und schreibt darüber:

„Der elektrische Widerstand in Abhängigkeit von der chemischen Beschaffenheit der Haut variiert im wesentlichen mit der verwendeten elektromotorischen Kraft, d. h. mit der Schnelligkeit der Ionenwanderung. — Wir sehen den Hautwiderstand für das Natriumion von 6000 Ohm auf 941 Ohm sinken, wenn die elektromotorische Kraft von 2 auf 8 Volt steigt. Für das Chlorion fällt der Hautwiderstand, wenn die elektromotorische Kraft von 2 auf 8 Volt steigt, von 6000 Ohm auf 1692 Ohm."

Ein genaueres Eingehen auf diese Frage des Körperwiderstandes und seiner Beeinflussung durch verschiedene Spannung des Stromes und verschiedene Beschaffenheit der eingeführten Ionen würde den Rahmen dieser Arbeit bedeutend überschreiten. Zu vollkommener Klarstellung dieser Verhältnisse sind auch noch weitere umfassende Versuchsreihen notwendig.

Vergegenwärtigen wir uns noch einmal das Gesamtresultat unserer Untersuchungen, so läßt sich dasselbe in folgendem zusammenfassen:

1. Eine direkte Einwirkung galvanischer und faradischer Ströme auf den Blutkreislauf des Menschen ist zweifellos nachgewiesen. Diese Einwirkung ist abhängig von der Stromart, aber unabhängig von der Stromrichtung.

2. Galvanische Ströme bewirken bei der Schließung und

Öffnung eine deutliche Volumverminderung in muskulären Gebieten durch Erregung von Muskelkontraktionen und dadurch bedingte Kompression der Muskelgefäße; außerdem findet auch während der Dauer des Stromes eine länger dauernde Volumverminderung in dem vom elektrischen Strome durchflossenen Gebiet statt, die auf eine Steigerung des Gefäßtonus zurückzuführen ist. — Das Verhalten der Gefäßfüllung während der Dauer des galvanischen Stromes ist im übrigen nur von der individuellen Reaktionsfähigkeit der behandelten Person abhängig. Verschiedene Stärke und Richtung des Stromes bedingen keinen prinzipiellen Unterschied in seiner Wirkung auf die Blutverteilung.

3. Eine „Kataphorie" des galvanischen Stromes (als welche eine Verschiebung unzerlegter Flüssigkeitsmoleküle in der Richtung dieses Stromes und dadurch bedingte Steigerung oder Herabsetzung der Geschwindigkeit des Blutstromes und des Blutdruckes bezeichnet wird) ist bei der Anwendung am lebenden Organismus nicht nachweisbar.

4. Faradische Ströme bewirken in der Regel ebenso wie die galvanischen unmittelbar nach ihrem Einsetzen ein plötzliches Sinken der Gefäßfüllung in muskulären Körperteilen durch Verengerung der Muskelgefäße. — Infolge der durch den faradischen Strom hervorgerufenen Muskelkontraktionen, welche ebenso wie die Kontraktionen bei willkürlichen Bewegungen nach Art einer Saug-Druckpumpe wirken, findet während der Dauer des faradischen Stromes meist ein schneller Ausgleich der ersten Volumverminderung statt, während gleichzeitig der Blutwechsel im Gebiete der tätigen Muskulatur und somit auch im Gesamtorganismus erleichtert und beschleunigt wird. — Die Wirkung des faradischen Stromes entspricht somit der eines Pumpwerkes. Die schon durch das Gefühl wahrnehmbaren Unregelmäßigkeiten der Stromimpulse zeigen sich in der wechselnden Höhe der Blutfüllung, die auf unseren Plethysmogrammen sich in den kurzen Schwankungen der Kurve abzeichnet.

Die aus dieser Beeinflussung der Zirkulation hervorgehende therapeutische Bedeutung des faradischen Stromes haben wir oben des näheren betrachtet.

5. Bei willkürlichen rhythmischen Kontraktionen ist durch die plethysmographische Untersuchung deutlich nachzuweisen, daß unmittelbar nach Beginn jeder Kontraktion das Volumen der Extremität (durch Auspressen der Muskelgefäße) bedeutend vermindert wird. Je nach Energie und Dauer der Kontraktionen er-

reicht dabei das Volumen entweder sofort oder erst nach wiederholten Kontraktionen ein gewisses Mindestmaß, unter das es auch bei stärkeren oder länger andauernden Kontraktionen nicht herabgeht. — Bei Beginn der Kontraktionen wird die Strömungsgeschwindigkeit des Blutes in den Venen vermehrt, in den Arterien verlangsamt. — Beim Nachlassen der Kontraktionen strömt das Blut aus den gestauten Arterien mit vermehrter Geschwindigkeit in die leeren Muskelgefäße hinein, um bei der folgenden Kontraktion wieder nach den Venen hin ausgepreßt zu werden. Der Wechsel zwischen Kontraktion und Erschlaffung der Muskulatur wirkt hier nach Art einer Saug-Druckpumpe, durch welche der gesamte Blutwechsel gefördert wird. Je nach der Geschwindigkeit, mit welcher die einzelnen Muskelkontraktionen aufeinander folgen, wird die anfänglich sehr stark herabgesetzte Blutfüllung der tätigen Muskulatur wieder gesteigert, um bei raschem Wechsel zwischen Kontraktion und Erschlaffung sehr schnell schon einen höheren Stand als vor Beginn der Kontraktionen zu erreichen. Nach Aufhören der letzteren tritt in der tätig gewesenen Muskulatur eine noch stärkere plötzliche Vermehrung der Blutfüllung ein, welche dann langsam wieder auf den normalen Stand zurückgeht. — Die Verengerung der Muskelgefäße und die nachfolgende reaktive Erweiterung ist am intensivsten bei tetanischer Muskelkontraktion.

6. Die Respirationsfrequenz wird durch galvanische und faradische Teilbäder entweder gar nicht oder nur unwesentlich im Sinne einer Herabsetzung beeinflußt.

7. Die Pulsfrequenz wird in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle um 4—12 Schläge in der Minute herabgesetzt, und zwar in gleicher Weise nach Einwirkung des galvanischen wie des faradischen Stromes.

8. Der Blutdruck wurde durch die galvanischen bezw. faradischen Teilbäder in 50% bezw. 67% unserer Fälle herabgesetzt, und nur in 20% bezw. 11% der Fälle gesteigert. Die Veränderungen des Blutdruckes sind völlig unabhängig von den plethysmographisch nachgewiesenen Volumschwankungen.

9. Die faradokutane Sensibilität wurde in der weitaus überwiegenden Mehrzahl unserer Fälle gesteigert, und zwar sowohl nach den galvanischen und faradischen Teilbädern, wie auch nach solchen ohne elektrischen Strom. Eine Differenz in der Wirkung von Anode und Kathode bei den galvanischen Bädern war nicht nachweisbar.

10. Der Leitungswiderstand des menschlichen Körpers ist — außer von der Größe der Elektroden — auch abhängig von der Größe der elektromotorischen Kraft des applizierten galvanischen Stromes (und von der Beschaffenheit der Elektrodenflüssigkeit). Der Leitungswiderstand wird um so geringer, je größer die elektromotorische Kraft ist, die zur Anwendung kommt.

Die Ausführung der vorstehenden Untersuchungen wurde mir ermöglicht durch das liebenswürdige Entgegenkommen der Herren Geheimrat Prof. Dr. Bäumler, Geheimrat Prof. Dr. v. Kries, Hofrat Dr. Determann und Privatdozent Dr. Trendelenburg, denen ich für das freundliche Interesse, welches sie meinen Arbeiten entgegenbrachten, für die Überlassung der Laboratoriumsmittel, für den Nachweis von Literatur und mancherlei technischen Rat auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank aussprechen möchte.

Druck von Grimme & Trömel in Leipzig.

Steffens.

No. 1.

No. 2.

No. 3.

Ende.
Minuten.

Galvan.+ 12 M.-A.

Minuten.

No. 4.

I+II Galvan. – 6 M. – A.
Ende.
N° 24. 15. 1. 07. (Gerh. Sch.)
Minuten.

No. 5.

I ohne Electr. N° 15. 10. 1. 07. (Franz W.)
I+II Galvan. – 14 M
II
II+III ohne Electr.

No. 6.

I+II Galvan +
N° 17. 11. 1. 07. (Franz W.)
I ohne Electr.
II
II+III ohne Strom.

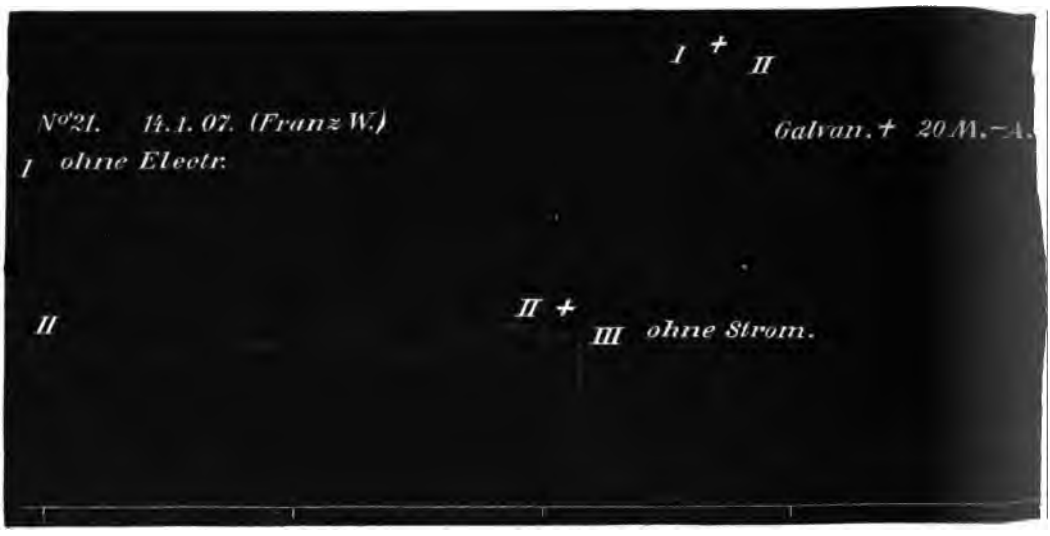
II+III ohne Strom.

II
III
Minuten.

M.-A.
III Ende.
Minuten.

Steffens.

No. 7.



No. 8.

No. 9.

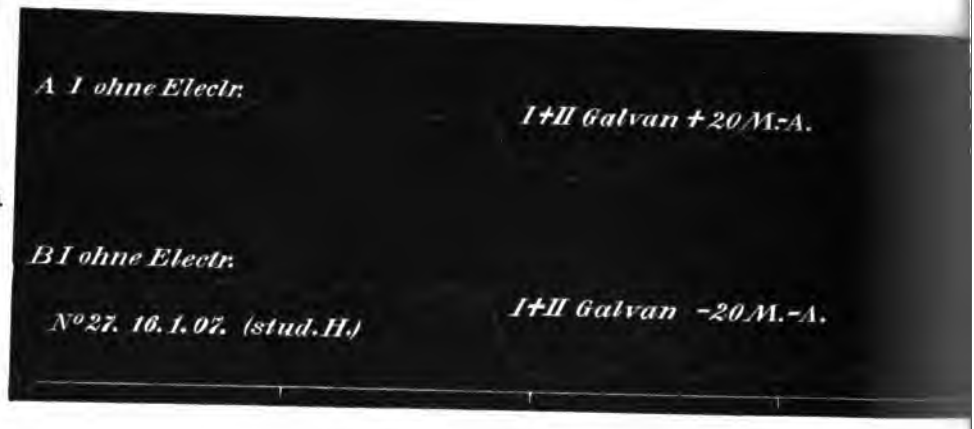
Ende.

uten.

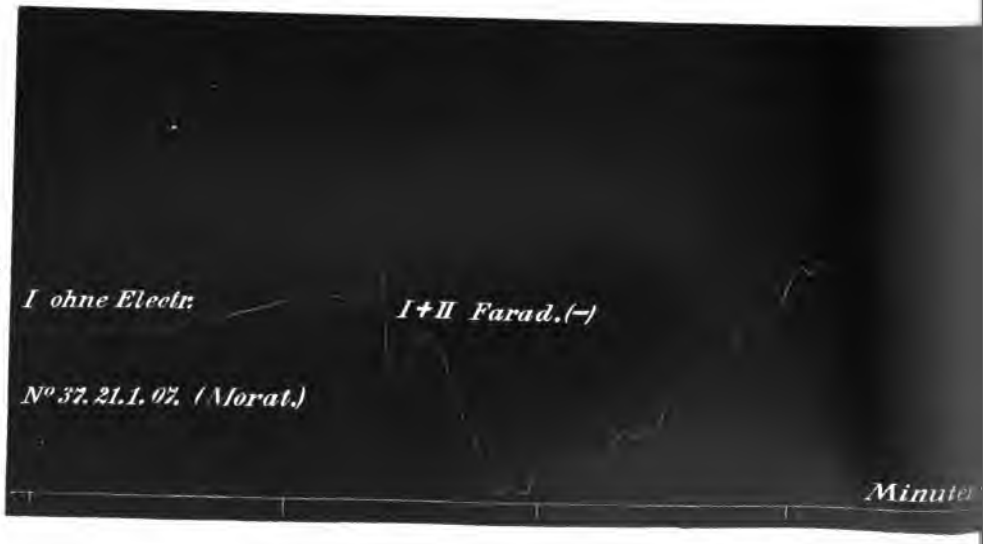
12M.-A

Steffens.

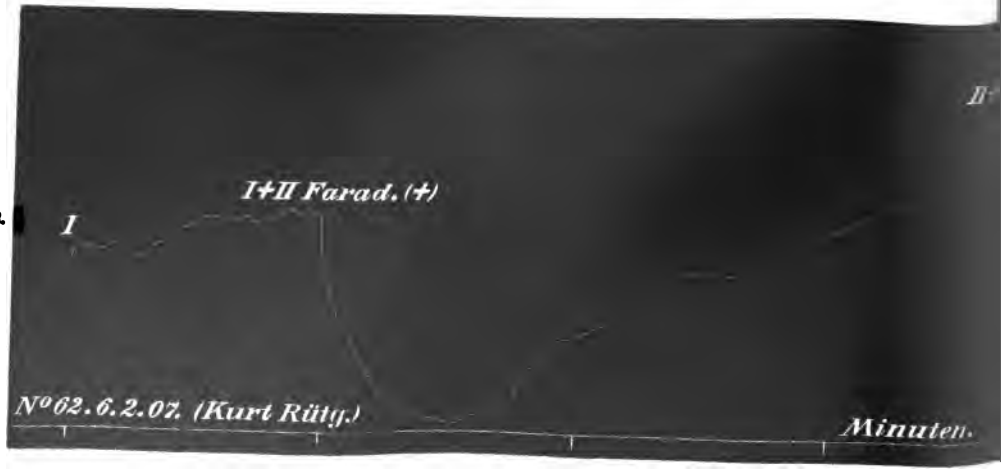
No. 10.

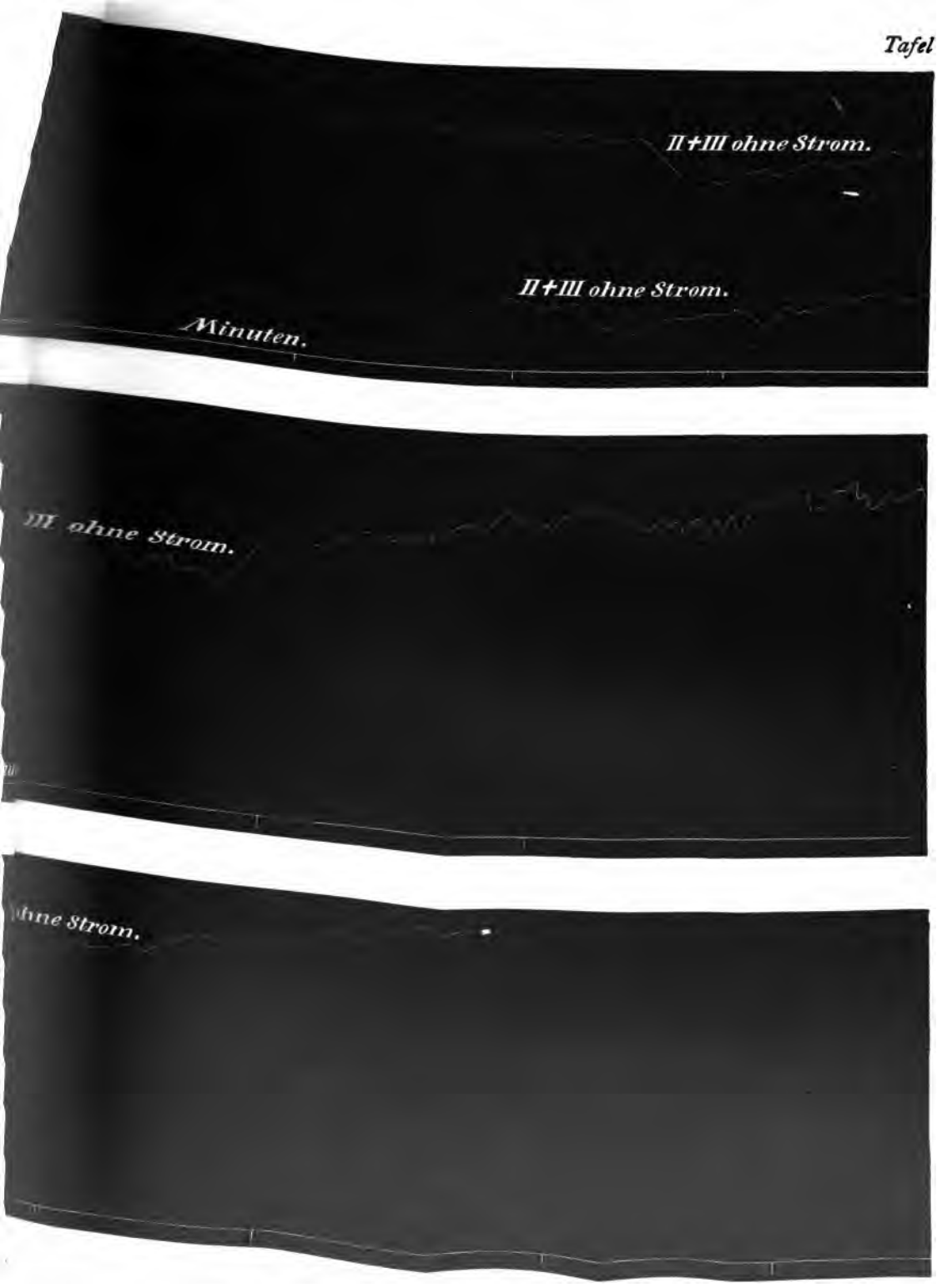


No. 11.

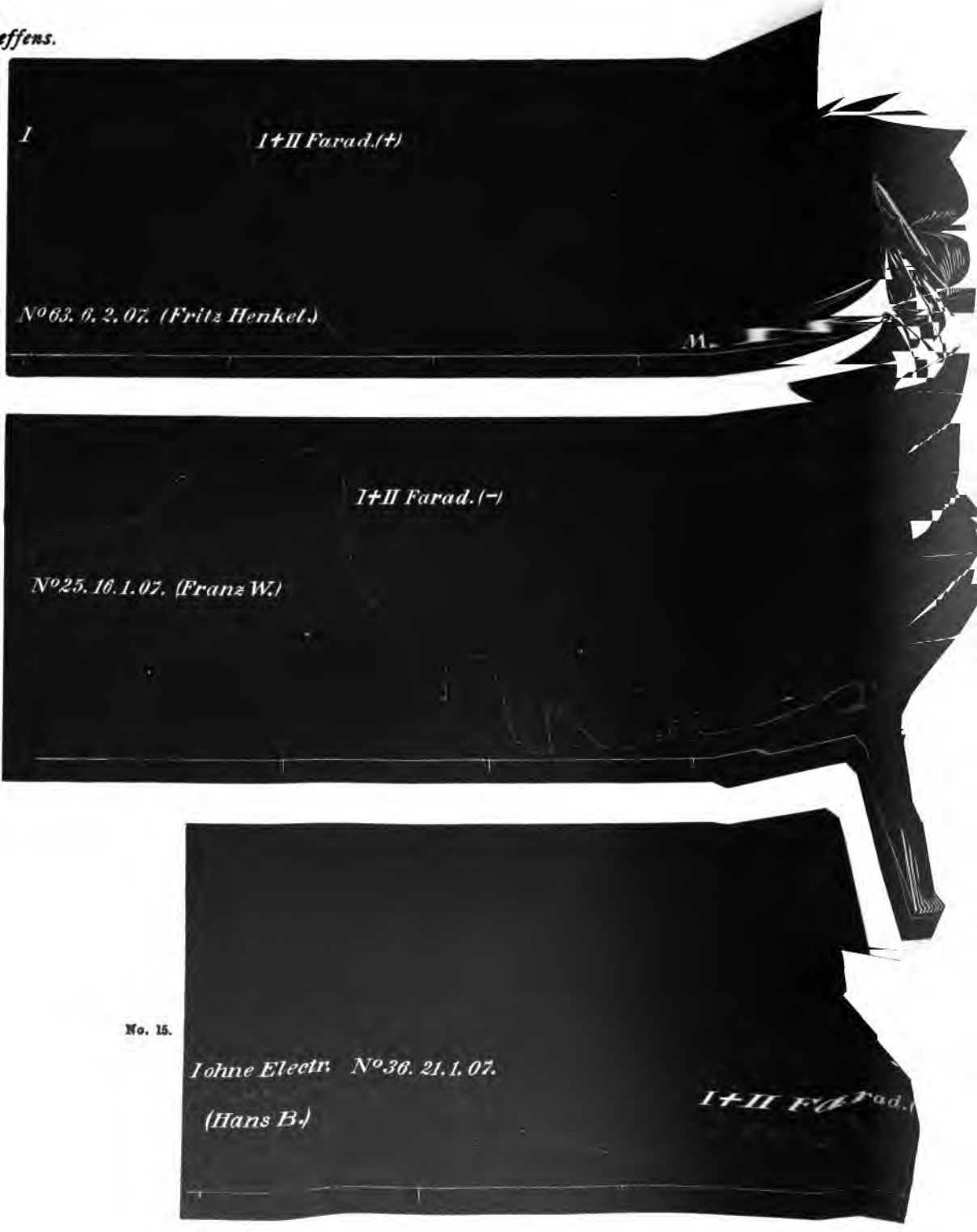


No. 12.




II+III ohne Strom.
II+III ohne Strom.
Minuten.
III ohne Strom.
ohne Strom.

effens.

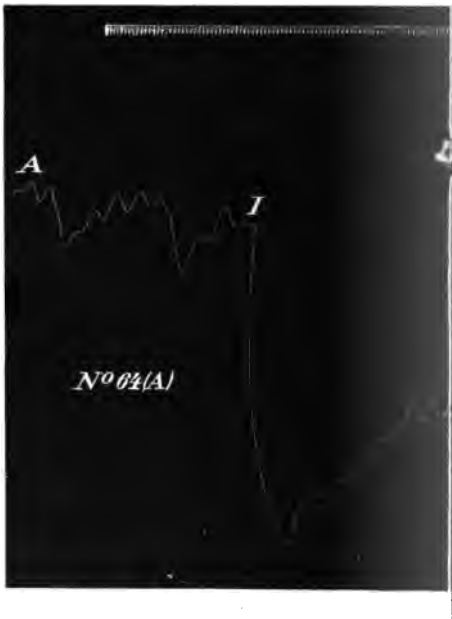

I
I+II Farad.(+)
N°63. 6. 2. 07. (Fritz Henkel.)
M.
I+II Farad.(−)
N°25. 16. 1. 07. (Franz W.)
No. 15.
I ohne Electr. N°36. 21. 1. 07.
(Hans B.)
I+II Fa Farad.

II + III ohne Electr.

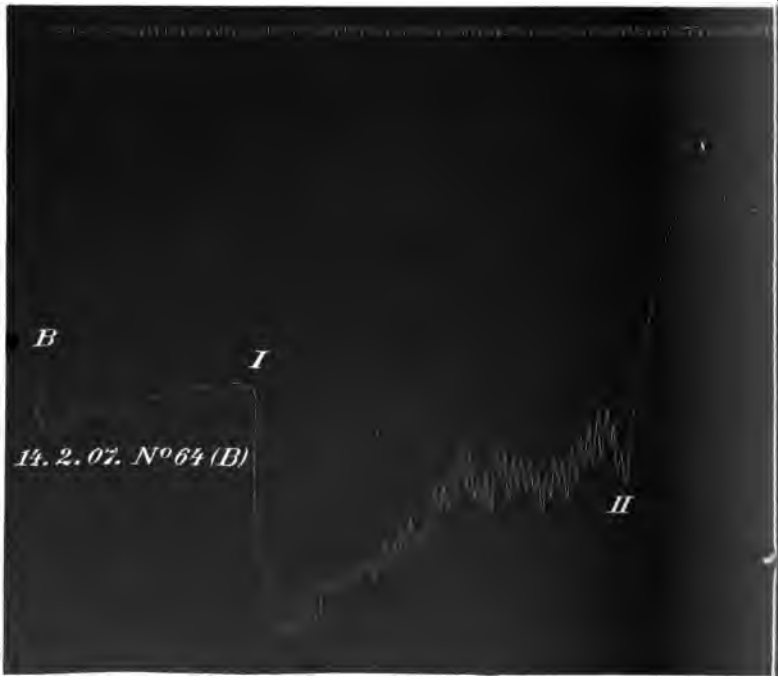
III+II ohne Strom.

II +
Minuten.

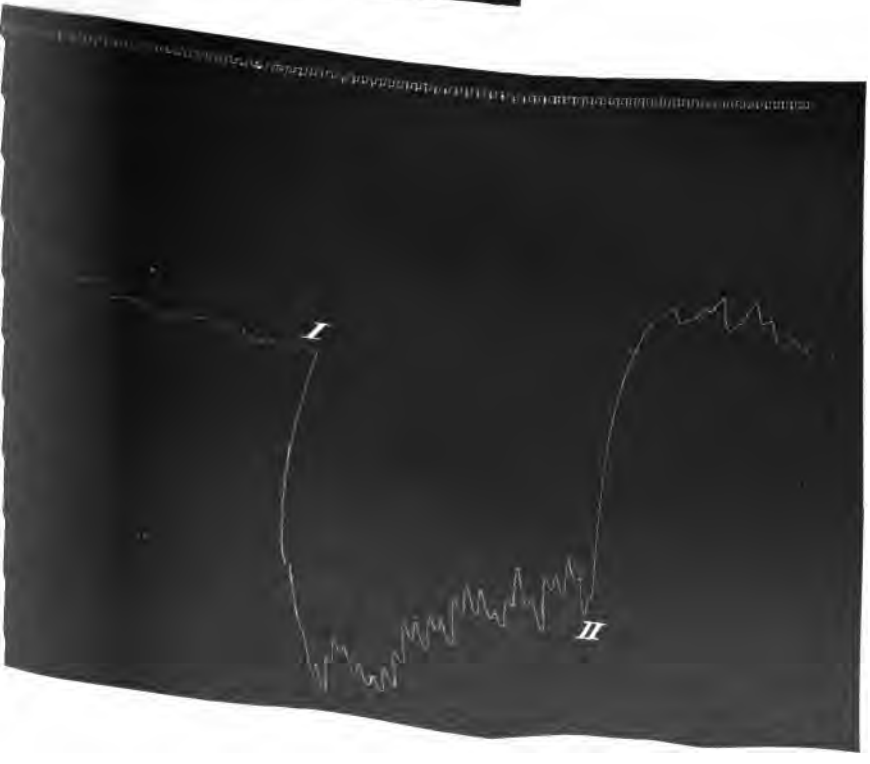
No. 19.

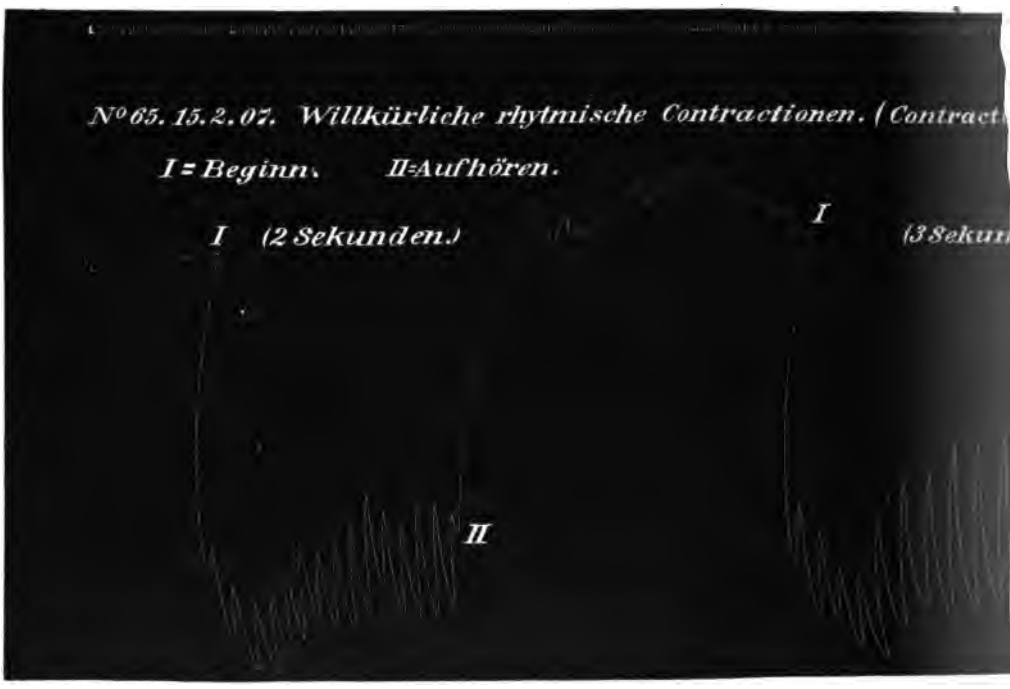


No. 20.



Tafel VII.




N°65. 15.2.07. Willkürliche rhytmische Contractionen. (Contract
I = Beginn. II=Aufhören.
I (2 Sekunden.)
I
(3 Sekun
II

No. 21.

N°66. 15. 2. 07. Willkürliche Contractionen
I
I
II
(4 Sekunden.)
(4 Sekunden.)

No. 22.

ctionen und Pausen von gleicher Länge.)
I
(4 Sekunden.)
II
II

I
II
II
Tetanus.

RETURN TO ➡ **BIOLOGY LIBRARY**
3503 Life Sciences Bldg. 642-2531

LOAN PERIOD 1	2	3
QUARTER		
4	5	6

ALL BOOKS MAY BE RECALLED AFTER 7 DAYS
Renewed books are subject to immediate recall

DUE AS STAMPED BELOW

DUE
JUN 2 2 1981
Subject to Recall Immediately

RETURNED TO
MAY 2 9 1981
BIOLOGY LIBRARY

UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY
FORM NO. DD4, 12m, 12/80 BERKELEY, CA 94720

YC110090

BRAUN, Dr. HEINRICH, Die Lokalanästhesie, ihre wissenschaftlichen Grundlagen und praktische Anwendung. Ein Hand- und Lehrbuch. 2. Aufl. IX, 432 Seiten mit 127 Abbildungen. 1907. M. 10.—, geb. M. 11.—.

Die Lokalanästhesie (Empfindungslähmung) auf dem Gebiet der allgemeinen Chirurgie in größerer Ausdehnung anzuwenden, war bisher nur derjenige in der Lage, der die einschlägigen Arbeiten genau studiert und sich eine entsprechende Übung angeeignet hatte. Um nun jeden praktischen Arzt in die Lage zu versetzen, diese ungefährliche und für den Kranken angenehme, für den Arzt aber nicht ganz einfache Behandlungsweise auszuführen, hat der auf diesem Gebiete schon längst als Spezialist bekannte Dr. Braun sich zur Herausgabe eines Lehrbuches entschlossen, das dazu bestimmt scheint, bald zum Rüstzeuge nicht nur des Chirurgen, sondern auch jeden praktischen Arztes, auch auf dem Lande, zu werden.

Es werden in dem Buche nicht nur die wissenschaftlichen Grundlagen, sondern, was besonders wesentlich ist, die einzelnen Anwendungsarten an den verschiedenen Körperteilen erörtert und durch neue selbstbezeichnete Abbildungen veranschaulicht.

PIERSON-SPERLINGS Lehrbuch der Elektrotherapie. 6. Aufl., bearbeitet von Dr. Arthur Sperling, kl. 8°. XIV, 420 Seiten mit 89 Abbildungen. 1893. Geb. M. 6.75.

Berliner klinische Wochenschrift. . . . . Der Erfolg, der dem vorliegenden Buche gelächelt hat, ist in der Tat kein unverdienter; es will nicht mit den ersten Autoren des elektrotherapeutischen Faches herausgegebenen großen Handbüchern konkurrieren, sondern will mit Beiseitelassung theoretischer Erörterungen die praktische Seite des Gebietes hervorheben. Es ist vor allen Dingen für den praktischen Arzt geschrieben; deshalb ist die Elektrotherapie als solche ganz besonders sorgfältig bearbeitet und die Angaben über die bei jedem Krankheitsfall anzuwendenden Methoden: Stromdichten usw. sind so präzis, daß sich jeder Arzt mit Leichtigkeit danach zurechtfinden kann.

HOFMANN, Prof. Dr. KARL, Die radioaktiven Stoffe nach dem gegenwärtigen Stande der wissenschaftlichen Erkenntnis. 2. Aufl. 76 Seiten. 1904. M. 2.—.

Die Entdeckung der radioaktiven Elemente bedeutet einen Schritt in vorher vollkommen unbekannte Gebiete der Physik und Chemie. Prof. Hofmann, der sich von Beginn an mit diesem hochinteressanten Zweige der physikalisch-organischen Wissenschaft beschäftigt hat, gibt eine Zusammenstellung der Literatur und der Forschungsresultate dieser merkwürdigen Substanzen und es lohnt sich, sich der guten Führung dieses wohlgelungenen Werkchens anzuvertrauen. Die 2. Auflage ist wesentlich erweitert und verbessert.

SODDY, FREDERICK, Dozent der physikalischen Chemie und Radioaktivität in Glasgow, **Die Radioaktivität** in elementarer Weise vom Stande der Desaggregationstheorie aus dargestellt. Unter Mitwirkung von Dr. L. F. Guttmann, übersetzt von Prof. G. Siebert, XII, 216 Seiten. 1904. M. 5.60, geb. M. 6.40.

Der Verfasser hat hier eine zusammenhängende Darstellung der bemerkenswerten Reihe von Untersuchungen gegeben, welche Becquerels bekannte Entdeckung zur Folge hatte.

Das Buch ist dazu bestimmt, Studierenden und solchen, die sich im allgemeinen für den Gegenstand interessieren, die Hauptargumente und die wichtigsten experimentellen Daten vorzuführen, durch welche man die Resultate erzielt hat, es dient auch als Einleitung für das Studium ausführlicherer Werke, sowie der Originalabhandlungen von Curie, Rutherford usw.

BESSON, PAUL, Das Radium und die Radioaktivität, allgemeine Eigenschaften und ärztliche Anwendungen. Mit Vorwort von d'Arsonval. Deutsch von W. v. Rüdiger. VIII, 115 Seiten. 1905. M. 3.60, geb. M. 4.40.

Münchener mediz. Wochenschrift. Der Autor bringt in übersichtlicher, leicht verständlicher Form das Wesentliche, was wir jetzt vom Radium und den verwandten neuen radioaktiven Substanzen wissen, was sich insbesondere an die berühmten Namen seiner Landsleute: Herr und Frau Curie, Becquerel und Debierne knüpft. Das Buch ist für die Ärzte geschrieben, deren viele, wie d'Arsonval in seinem Vorwort beklagt, manches rein empirisch anwenden infolge mangelhafter physikalischer Vorbildung.

Medizinische Klinik. Für alle Ärzte, welche Interesse daran haben, dem Naturwunder „Radium", sei es theoretisch oder durch eigene Forschung näher zu treten, ist das vorliegende Büchlein angelegentlichst zu empfehlen. — Ausgerüstet mit dem hier gespendeten Material wird der Arzt an der Hand der mitgeteilten Krankengeschichten auch in der Lage sein, selber therapeutische Versuche anzustellen.

KRAEPELIN, Prof. Dr. EMIL, Psychiatrie. Ein Lehrbuch für Studierende und Ärzte. 7. vielfach umgearbeitete Aufl. 1903-04.

I. Band: **Allgemeine Psychiatrie.** XV, 478 Seiten. M. 12.—, geb. M. 13.20.

II. Band: **Klinische Psychiatrie.** XIV, 892 Seiten. Mit 53 Abbildungen und 13 Tafeln. M. 23.—, geb. M. 24.50.

Druck von Grimme & Trömel in Leipzig.